Bruno Touschek, il padre dei collisori di particelle

Dicembre 2014 € 4,50

Le Scienze

www.lescienze.it

edizione italiana di Scientific American

Il buco nero al principio del tempo

Il big bang e il nostro universo potrebbero essere miraggi olografici di un'altra dimensione

Ebola

Tutte le strategie per battere il virus che spaventa il mondo

Speciale

Lo stato della scienza globale: come la diversità favorisce l'innovazione

POSTE ITALIANE SPED. IN A.P. - D.L. 353/2003 CONV. L. 46/2004, ART. 1, C. 1, DCB - ROMA RIVISTA MENSILE - NUMERO 556

ENJOY RESPONSIBLY

TRADE MARK
Heineken®
open your world

MERRIER CHRISTMAS

Per chi da sempre ricerca l'eccellenza. Per chi apprezza una birra spillata a regola d'arte. THE SUB® HEINEKEN®: la rivoluzione di una perfetta birra alla spina a casa, sempre alla temperatura e pressione ideale, nell'esclusivo design di Marc Newson. Disponibile online e in punti vendita selezionati.

Scopri di più su **WWW.THE-SUB.COM**

NAVIGATE THE SUB®

Sky e Fastweb

a soli 25€ al mese **fino al 2016.**

- **Internet illimitato ultraveloce**
  fino a 100 Mbit/s
- **Chiamate illimitate**
  verso rete fissa nazionale
- **L'intrattenimento di Sky TV**
  con i grandi show e le migliori serie
- **Sky On Demand**
  con migliaia di programmi

sky & FASTWEB

tv, voce & internet

Affrettati, hai tempo solo fino al 9 novembre.

Chiamaci **02.0200** o vieni su **sky.it**

Offerta valida fino al 9/11/14. 25€/mese fino al 6/1/16: Sky TV 14€/mese (19€) + SuperJet 11€/mese (45€). **Dal 7/1/16**: Sky TV al prezzo di listino in vigore + SuperJet a 35€/mese. Opzione Ultrafibra (100 mega) inclusa fino al 6/1/16 previa verifica tecnica. **Dal 7/1/16**: 5€/mese. **Vincolo di durata: 24 mesi**. Per recesso da uno dei servizi, il servizio restante prosegue al prezzo di listino. In più per recesso anticipato: da Sky, restituzione sconti fruiti + 11,53€, da Fastweb 119€ + costi di disattivazione. Risparmio calcolato rispetto al prezzo di listino in vigore di Sky TV e Fastweb SuperJet. **Verifica costi di attivazione e installazione, condizioni e limitazioni dell'offerta su sky.it**

IN COPERTINA

Il big bang, la singolarità da cui sarebbe nato il nostro universo, potrebbe provenire dal collasso di una stella che ha formato un buco nero in un universo a quattro dimensioni. (Immagine: Kenn Brown, Mondolithic Studios)

Sommario

dicembre 2014 numero 556

LO STATO DELLA SCIENZA MONDIALE 2014

36 L'equazione dell'inclusione
di Fred Guterl

Scienza e tecnologia sono le principali forze motrici della prosperità sociale. Ma chi riesce ad arrivare al posto di guida?

40 Come funziona la diversità
di Katherine W. Phillips

Avere intorno persone diverse da noi ci rende più creativi e diligenti, e ci spinge a impegnarci più a fondo nel lavoro

46 Alla ricerca delle idee migliori
di Stephanie C. Hill

Come ho imparato il valore della diversità

48 Il divario fra i sessi
Donne, uomini e dottorati di ricerca nel mondo

50 Aprire le porte a tutti
di Victoria Plaut

Non ci sono ricette per introdurre la diversità nei luoghi di lavoro e di studio, ma nuove ricerche su come agisce la diversità suggeriscono strategie che funzionano almeno in qualche misura

COSMOLOGIA

56 Il buco nero al principio del tempo
di Niayesh Afshordi, Robert B. Mann e Razieh Pourhasan

Il big bang e tutto quello che ne è derivato sono un miraggio olografico da un'altra dimensione?

MEDICINA

64 Biotecnologie contro Ebola
di Mauro Giacca

Oltre a procedure di sanità pubblica, oggi possiamo combattere il virus anche con il meglio delle biotecnologie mediche

SALUTE

72 Dalle guerre alle malattie
di Giovanni Sabato

Nata vent'anni fa, oggi Emergency porta la sanità d'eccellenza nelle zone più povere del mondo. Perché la salute è un diritto, non un bene commerciale, dice il fondatore Gino Strada

AMBIENTE

76 Ghiaccio insidioso
di Lisa Margonelli

Gli idrati di metano potrebbero risolvere i problemi energetici del mondo, o soffiare sul fuoco del riscaldamento globale

STORIA DELLA SCIENZA

84 Il signore degli anelli
di Giorgio Sestili

Le gigantesche macchine in cui oggi si scontrano materia e antimateria sono figlie di un prototipo realizzato oltre cinquant'anni fa da Bruno Touschek nei laboratori dell'INFN

FISIOLOGIA

90 Mens sana in corpore sano
di Mario Molinaro

Studi recenti hanno dimostrato che l'esercizio muscolare ha effetti benefici su tutto l'organismo, anche sul cervello

Horst Friedrichs/Anzenberger/Contrasto

Sommario

21

24

104

Rubriche

9 **Editoriale**
di Marco Cattaneo

12 **Anteprima**

13 **Lavori in corso**

16 **Intervista**
La lezione dello tsunami *di Jacopo Pasotti*

18 **Made in Italy**
Gli innovatori della radioterapia *di Letizia Gabaglio*

20 **Scienza e filosofia**
Domatori di noi stessi *di Telmo Pievani*

21 **Appunti di laboratorio**
L'utilità delle scappatelle *di Edoardo Boncinelli*

22 **Il matematico impertinente**
Scomposizioni indiziarie *di Piergiorgio Odifreddi*

23 **La finestra di Keplero**
Alla ricerca di mondi lontani *di Amedeo Balbi*

24 **Homo sapiens**
Racconti del DNA antico *di Giorgio Manzi*

96 **Coordinate**
Saremo sempre di più *di Mark Fischetti*

98 **Rudi matematici**
(più o) Meno Tasse per Tutti
di Rodolfo Clerico, Piero Fabbri e Francesca Ortenzio

100 **Libri & tempo libero**

104 **Povera scienza**
La bufala del Kenya *di Paolo Attivissimo*

105 **Pentole & provette**
La crema più semplice *di Dario Bressanini*

SCIENZA NEWS

27 La demografia e le sfide del futuro
28 Materia oscura emessa dal Sole?
28 Sempre più vicini ai fermioni di Majorana
28 Tutte le comete di Beta Pictoris
29 La radiazione di Hawking in laboratorio
29 Il segreto delle espulsioni solari
30 Un orologio corporeo pervasivo
30 Osservata per la prima volta la selezione di gruppo
31 Tornado, come stanno cambiando?
32 Effetto a catena nella savana
32 Agli albori della copulazione
34 Brevissime

© 2/Nisian Hughes/Ocean/Corbis (*in alto*); Hendrik Schmidt/dpa/Corbis (*al centro*); Hugh Sitton/Corbis (*in basso*)

Innovazione in Carinzia. Sito del Vs. successo.

State valutando un progetto d'internazionalizzazione in una regione di ricerca innovativa e dinamica? La Carinzia offre favorevoli condizioni generali per ricerca e sviluppo:

- contributi per innovazione fino a 50% e premi fiscali per ricerca e sviluppo
- parchi tecnologici ottimamente attrezzati con incubatore d'impresa
- centri di ricerca orientati all'applicazione
- settori innovativi: ICT, (micro)elettronica, energia rinnovabile, tecnica ambientale e lavorazione metallo
- personale specializzato e altamente qualificato

Siamo riusciti a suscitare il Vostro interesse? Volentieri Vi offriamo una consulenza gratuita su tutte le oppurtunità che la Carinzia offre.

Il Vs. riferimento:

Entwicklungsagentur Kärnten GmbH
Dott.ssa Natascha Zmerzlikar, MAS
t.: +43(0)463 55800 85 I e.: zmerzlikar@madeinkaernten.at

Fra intrecci di esistenze straordinarie
e scontri di idee, una serie
di scorribande nel mondo della scienza

Raffaello Cortina Editore

Seguiteci su
www.raffaellocortina.it

di Marco Cattaneo

Elogio della diversità

Un ambiente di ricerca eterogeneo aiuta la creatività

Mettere una certa distanza tra il nostro io e un problema che stiamo affrontando è un efficace stimolo al pensiero creativo. Gli psicologi cognitivi – ne parliamo sul numero in edicola di «Mente&Cervello» – lo chiamano «effetto Pessoa», riferendosi alla formidabile prolificità dello scrittore portoghese, favorita o forse ispirata dallo sterminato numero di pseudonimi che adottò.

Più in generale, un ingrediente della creatività è la capacità, o l'opportunità, di cambiare riferimento culturale. Anche nella scienza, ovviamente, che è una delle attività creative per eccellenza dell'intelletto umano. A questo proposito, nell'era dei grandi gruppi di ricerca, lavorare in un ambiente eterogeneo, in cui ci si confronta di continuo con persone di diversa estrazione culturale, non è solo un privilegio, è un'opportunità per ampliare i propri orizzonti. Ed eventualmente innescare la nascita di nuove idee. Ne è un esempio lampante il CERN, che ha fatto della diversità la propria bandiera, come ha sottolineato Fabiola Gianotti quando le è stata affidata, prima donna in sessant'anni, la direzione generale del centro.

Il ruolo centrale della diversità nei luoghi della ricerca emerge anche dal rapporto sullo stato della scienza 2014 che pubblichiamo in questo numero. Come riferisce Fred Guterl a pagina 36, «dai dati emerge che la diversità è al cuore di ciò che serve per fare ricerca e innovazione con efficacia». Perché «la diversità fa bene ai gruppi di lavoro proprio perché noi reagiamo in modo diverso a chi è diverso da noi. Se l'obiettivo finale è l'eccellenza, la diversità è un ingrediente essenziale».

Fabrice Coffrini/epa/Corbis

Qui però cominciano i problemi. Una volta nota la ricetta di un buon «habitat» scientifico, bisogna anche riuscire a misurarla, la diversità. E nella maggior parte dei casi non è facile. Se si riesce infatti ad avere un'idea della diversità di genere, in quasi tutti i paesi è molto più complicato ricavare i dati sui gruppi etnici, o sull'estrazione sociale.

Per quanto riguarda l'Italia, afflitta da una cronica carenza di dati affidabili e aggiornati in quasi tutti i campi, non è difficile immaginare che il capitolo diversità sia un'altra nota dolente. Basta ricordare che siamo uno dei paesi che attirano meno ricercatori dall'estero, a fronte della fuga dei cervelli per cui tanto ci stracciamo le vesti.

Per fortuna i nostri scienziati sanno bene quanto sia importante il confronto. E a livello internazionale la nostra ricerca continua a godere di eccellente reputazione. Ma c'è da scommettere che non potremo campare di rendita troppo a lungo. E con l'invecchiamento ormai cronico del personale docente delle università, oltre a tutte le altre magagne più o meno note, il pericolo che si finisca per mettere un bavaglio alle idee innovative è quanto mai concreto. Un'altra preoccupazione di cui non si sentiva il bisogno.

Comitato scientifico

Leslie C. Aiello
presidente, Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research

Roberto Battiston
professore ordinario di fisica sperimentale, Università di Trento

Roger Bingham
docente, Center for Brain and Cognition, Università della California a San Diego

Edoardo Boncinelli
docente, Università Vita-Salute San Raffaele, Milano

Arthur Caplan
docente di bioetica, Università della Pennsylvania

George M. Church
direttore, Center for Computational Genetics, Harvard Medical School

Rita Colwell
docente, Università del Maryland a College Park e Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health

Drew Endy
docente di bioingegneria, Stanford University

Ed Felten
direttore, Center for Information Technology Policy, Princeton University

Michael S. Gazzaniga
direttore, Sage Center for the Study of Mind, Università della California a Santa Barbara

David Gross
docente di fisica teorica, Università della California a Santa Barbara (premio Nobel per la fisica 2004)

Daniel M. Kammen
direttore, Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Università della California a Berkeley

Christof Koch
docente di biologia cognitiva e comportamentale, California Institute of Technology

Lawrence M. Krauss
direttore, Origins Initiative, Arizona State University

Morten L. Kringelbach
direttore, Hedonia: TrygFonden Research Group, Università di Oxford e Università di Aarhus

Steven Kyle
docente di economia applicata e management, Cornell University

Robert S. Langer
docente, Massachusetts Institute of Technology

Ernest J. Moniz
docente, Massachusetts Institute of Technology

John P. Moore
docente di microbiologia e immunologia, Weill Medical College, Cornell University

M. Granger Morgan
docente, Carnegie Mellon University

Miguel Nicolelis
condirettore, Center for Neuroengineering, Duke University

Martin Nowak
direttore, Program for Evolutionary Dynamics, Harvard University

Robert Palazzo
docente di biologia, Rensselaer Polytechnic Institute

Telmo Pievani
professore associato filosofia delle scienze biologiche, Università degli Studi di Padova

Carolyn Porco
leader, Cassini Imaging Science Team, e direttore, CICLOPS, Space Science Institute

Vilayanur S. Ramachandran
direttore, Center for Brain and Cognition, Università della California a San Diego

Lisa Randall
docente di fisica, Harvard University

Carlo Alberto Redi
docente di zoologia, Università di Pavia

Martin Rees
docente di cosmologia e astrofisica, Università di Cambridge

John Reganold
docente di scienza del suolo, Washington State University

Jeffrey D. Sachs
direttore, The Earth Institute, Columbia University

Terry Sejnowski
docente e direttore del Laboratorio di neurobiologia computazionale, Salk Institute for Biological Studies

Michael Snyder
docente di genetica, Stanford University School of Medicine

Giorgio Vallortigara
docente di neuroscienze, direttore associato, Centre for Mind/Brain Sciences, Università di Trento

Lene Vestergaard Hau
docente di fisica e fisica applicata, Harvard University

Michael E. Webber
direttore associato, Center for International Energy & Environmental Policy, Università del Texas ad Austin

Steven Weinberg
direttore, gruppo di ricerca teorica, Dipartimento di fisica, University del Texas ad Austin (premio Nobel per la fisica 1979)

George M. Whitesides
docente di chimica e biochimica, Harvard University

Nathan Wolfe
direttore, Global Viral Forecasting Initiative

Anton Zeilinger
docente di ottica quantistica, Università di Vienna

Consumo di carburante ciclo misto (litri/100km) 6,0 - 9,7; emissioni CO_2 (g/km) 157 - 227.
BMW Financial Services: la più avanzata realtà nei servizi finanziari. BMW raccomanda Castrol EDGE Professional.

BMW EfficientDynamics
Meno emissioni. Più piacere di guidare.

NUOVA BMW X6. EGO-ECCENTRICA.

#BMWstories

Non tutto ciò che vedete solletica il vostro ego o fa venire fuori il vostro lato più eccentrico. Lei ci riesce al primo colpo d'occhio. La Nuova BMW X6, rappresenta la più innovativa evoluzione del concetto di Sport Activity Coupé. E adesso potremmo anche parlare del suo design, della sua potenza, delle performance o degli equipaggiamenti innovativi. Ma non lo facciamo, perché sappiamo che vi bastano tre parole: Nuova BMW X6.

SCOPRITELA IN TUTTE LE CONCESSIONARIE BMW.

Nuova BMW X6
www.bmw.it
Piacere di guidare

L'epopea della nostra specie

Il significato dell'esistenza umana, di E.O. Wilson, è il libro allegato a gennaio

Dall'alto dei suoi 85 anni, due premi Pulitzer e un'intensa vita professionale, il biologo Edward O. Wilson si cimenta in uno dei temi che affascinano e inquietano l'essere umano fin dagli albori della specie: qual è il significato della nostra esistenza? Noto ai più probabilmente per i suoi studi sulle formiche e per la sua teoria della sociobiologia elaborata all'inizio degli anni settanta, che ha definito «lo studio sistematico delle basi biologiche di ogni forma di comportamento sociale», E.O. Wilson è una della menti più fertili e provocatorie della comunità scientifica. Le sue ricerche e i suoi libri hanno quasi sempre scatenato dibattiti e contestazioni. Difficilmente il suo *Il significato dell'esistenza umana*, allegato a richiesta con «Le Scienze» di gennaio 2015, con una nuova veste grafica per la copertina, e in vendita nelle librerie per Codice Edizioni, sarà un'eccezione.

E.O Wilson mette subito le carte in tavola. Non siamo stati creati da un'intelligenza soprannaturale, scrive il biologo, ma dal caso e dalla necessità: siamo una specie fra milioni di altre presenti nella biosfera terrestre, siamo diventati la mente del pianeta e forse di tutto il nostro angolo di galassia. Tuttavia, non c'è nessuno scopo o destino dimostrabile che ci sia stato assegnato, non c'è alcuna seconda vita dopo la fine di quella che stiamo vivendo. Qual è allora il significato della nostra esistenza, una volta messe da parte religioni e soprannaturale?

L'autore propone che sia «la grande epopea della specie, iniziata nell'evoluzione biologica e nella preistoria e poi entrata nella storia registrata; ed è anche – proprio adesso, giorno per giorno, proiettato sempre più velocemente nel futuro indefinito – quello che decidiamo di diventare». Perché se è vero che siamo i dominatori del pianeta, è anche vero che rischiamo di usare questo immenso potenziale in modo catastrofico, trascinando nel baratro anche altre forme di vita. Per aprire gli occhi dobbiamo superare quella che E.O Wilson chiama «la maledizione del Paleolitico».

Ormai più della metà della popolazione globale vive in aree urbane e la società urbana è sempre più tecnoscientifica. Come conseguenza di questa transizione epocale, gli adattamenti genetici che hanno funzionato a dovere per i milioni di anni in cui abbiamo condotto un'esistenza da cacciatori-raccoglitori ora sono sempre più un problema. Siamo ancora legati a logiche tribali, anche a causa di autorità religiose e politici che in tutto il mondo alimentano conflitti con gruppi rivali. In altre parole, non riusciamo ancora a pensare in termini di una sola umanità.

Per superare questa disfunzionalità e liberare il nostro potenziale costruttivo, è necessario coniugare discipline umanistiche e scienza. Le prime descrivono la condizione umana, affrontano nei minimi particolari i vari modi in cui le persone entrano in relazione tra loro e con l'ambiente. La scienza, affronta tutto il resto: abbraccia il significato dell'esistenza umana. Ma sebbene scienza e discipline umanistiche siano diverse in quello che affermano e che fanno, hanno entrambe origine nei processi creativi che emergono nel cervello. La proposta, o forse il desiderio di E.O. Wilson è chiaro e diretto: «Se il potere euristico e analitico della scienza potrà essere unito alla creatività introspettiva delle discipline umanistiche, l'esistenza umana si eleverà acquisendo un significato infinitamente più fecondo e interessante».

RISERVATO AGLI ABBONATI

Gli abbonati possono acquistare i volumi di **La Biblioteca delle Scienze** al prezzo di € 7,90 incluso il prezzo di spedizione e telefonando al numero 199.78.72.78 (0864.256266 per chi chiama da telefoni non abilitati).

La stessa offerta è valida per acquistare i volumi della collana **I grandi della scienza** nella nuova edizione al prezzo di € 6,90 incluso il prezzo di spedizione.
Il costo massimo della telefonata da rete fissa è di 14,37 cent di euro al minuto più 6,24 cent di euro di scatto alla risposta (IVA inclusa). Per chiamate da rete mobile il costo massimo della chiamata è di 48,4 cent di euro al minuto più 15,62 cent di euro di scatto alla risposta (IVA inclusa).

Lonely/Shutterstock

a cura di Giovanni Spataro

Quando incontrammo i Neanderthal

Un fossile siberiano riscrive la data dell'incrocio tra esseri umani e neanderthaliani

Il femore di un uomo vissuto 45.000 anni fa, ritrovato lungo il fiume Irtysh, in Siberia, suggerisce che l'incrocio tra esseri umani e Neanderthal è avvenuto decine di migliaia di anni prima di quanto ipotizzato (si veda *Ibridi umani*, in «Le Scienze» n. 539, luglio 2013). Pubblicata su «Nature», l'analisi del DNA prelevato dal femore scoperto nel sito di Ust'-Ishim, effettuata da Svante Pääbo e colleghi del Max-Planck-Institut a Lipsia e da ricercatori dell'Accademia cinese delle scienze ha mostrato che le sequenze di origine neanderthaliana rappresentano il 2,3 per cento del genoma dell'uomo siberiano, un valore in linea con quello degli esseri umani attuali. Inoltre, l'analisi della lunghezza delle sequenze neanderthaliane ha retrodatato di 20.000 anni i primi incroci tra Homo sapiens e *Homo neanderthalensis*, collocandoli tra 50.000 e 60.000 anni fa (*si veda la rubrica a p. 24*).

Memoria batterica

Cassettine. Illustrazione di esemplari di *E. coli*, il batterio usato per memorizzare informazioni nel proprio DNA.

Il batterio *Escherichia coli* può diventare una sorta di microscopica cassetta a nastro con cui registrare e in seguito recuperare informazioni. Il risultato, descritto su «Science», è stato ottenuto da Timothy Lu del Massachusetts Institute of Technology e colleghi, che hanno inserito in siti prestabiliti del genoma batterico determinate sequenze di DNA, in un primo passaggio che ricorda la registrazione sui nastri magnetici. L'informazione così registrata è stata trasferita alla generazioni successive dei batteri e si è conservata fino a 12 giorni, equivalenti a circa 120 generazioni.

Per leggere l'informazione memorizzata gli scienziati hanno indicato due strade. Se il DNA è stato inserito nella parte non codificante del genoma batterico, basta sequenziare il genoma stesso. Se invece il DNA estraneo è stato inserito in una porzione codificante del genoma, allora l'avvenuta registrazione dell'informazione si manifesta con una nuova funzionalità del batterio, per esempio una resistenza ad antibiotici.

Secondo gli autori, il risultato è un importante passo in avanti sulla strada delle applicazioni della biologia sintetica (si veda *Il futuro prossimo della vita sintetica*, in «Le Scienze» n. 537, maggio 2013), con cui realizzare per esempio sensori microscopici per monitorare lo stato dell'ambiente o quello di salute delle persone, o addirittura computer biologici.

Alba pennuta

Le penne sono nate per una questione di vista e non di volo. È la conclusione di uno studio pubblicato su «Science» da Marie-Claire Koschowitz dell'Università di Bonn e colleghi, che hanno analizzato vent'anni di studio sull'argomento (si veda *Origini* in «Le Scienze» n. 495 novembre 2009).

Tutto iniziò con l'eccellente visione cromatica dei dinosauri. Questi rettili vissuti tra 230 e 65 milioni di anni fa avevano un'ottima capacità di distinguere i colori, su cui basavano una complessa comunicazione visiva. Alcuni gruppi di dinosauri avevano però sperimentato una diminuzione delle dimensioni del corpo durante il periodo di dominio del pianeta. Per evitare un'eccessiva dispersione di calore corporeo, questi stessi gruppi avevano quindi sviluppato protopenne che evitavano un'eccessiva dispersione del calore ma che allo stesso tempo nascondevano la complessa colorazione della pelle.

Piccolo e colorato. Illustrazione di esemplare di *Microraptor*, piccolo dinosauro carnivoro dotato di penne colorate.

Il salto decisivo avvenne durante l'evoluzione dei *Maniraptora*. In questi piccoli dinosauri predatori per la prima volta alcune protopenne si trasformarono in penne colorate, arrivando a un compromesso tra esigenze di comunicazione cromatica e adeguato isolamento termico. L'evoluzione fece il resto, riconvertendo la funzione delle penne verso il volo.

Luce sull'autismo

Conoscere in dettaglio la biologia dell'autismo permetterebbe di migliorare le tecniche diagnostiche e di sviluppare farmaci che, insieme a terapie comportamentali, aumentino le abilità sociali dei soggetti autistici (si veda *Terapie per l'autismo* in «Le Scienze» n. 544, dicembre 2013). Un importante tassello in questo senso arriva due ricerche pubblicate su «Nature» rispettivamente da Joseph Buxbaum del Mount Sinai Hospital di New York e da Michael Wigler del Cold Spring Harbor Laboratory, basate sul sequenziamento genico di campioni prelevati da migliaia di soggetti autistici e loro familiari.

Le analisi dei genomi hanno mostrato che sono un centinaio le mutazioni di geni che alterano il corretto funzionamento neuronale e che espongono al rischio di disturbi dello spettro autistico. Alcune mutazioni sono le stesse identificate in soggetti con deficit cognitivi e schizofrenia.

Cortesia Bence Viola, MPI EVA (*Svante Pääbo*); Pasieka/Science Photo Library/Corbis (*Illustrazione Escherichia coli*); Science Photo Library/Corbis (*Microraptor*)

Pink Lady®

LA MELA CHE COLTIVA I SUOI VALORI

Portata in Italia dallo slancio collettivo di produttori appassionati, la mela Pink Lady® è l'avventura di donne e uomini riuniti in un'associazione senza scopo di lucro e legati dagli stessi valori. Rispetto del lavoro dell'uomo. Rispetto del tempo. Rispetto della terra. Questi valori sono alla base di tutte le scelte e di tutte le azioni e costituiscono il terreno fertile dal quale nasce una mela straordinaria.

molto più di una mela

COLTIVARE IL RISPETTO DELLA TERRA

Riconoscente alla terra che la nutre e desiderosa di proteggere il suo ambiente, la mela Pink Lady® matura nei migliori terreni, in frutteti a misura d'uomo. Il suo sistema di produzione preserva le risorse naturali e si ispira alle tradizioni, per valorizzare un modello virtuoso di produzione agricola che integra la lotta contro lo spreco alimentare e la riduzione dei rifiuti.

- 0,62 ha: dimensione media dei frutteti per produttore
- Impiego di predatori naturali, introduzione di alveari durante la fioritura...
- Il 100% della produzione (esclusi gli scarti) è destinato al consumo alimentare (fresco o industriale) per evitare gli sprechi
- Il 100% dei centri di condizionamento ha sviluppato programmi di riduzione di energia, utilizzo degli imballaggi in cartone e scarti della frutta

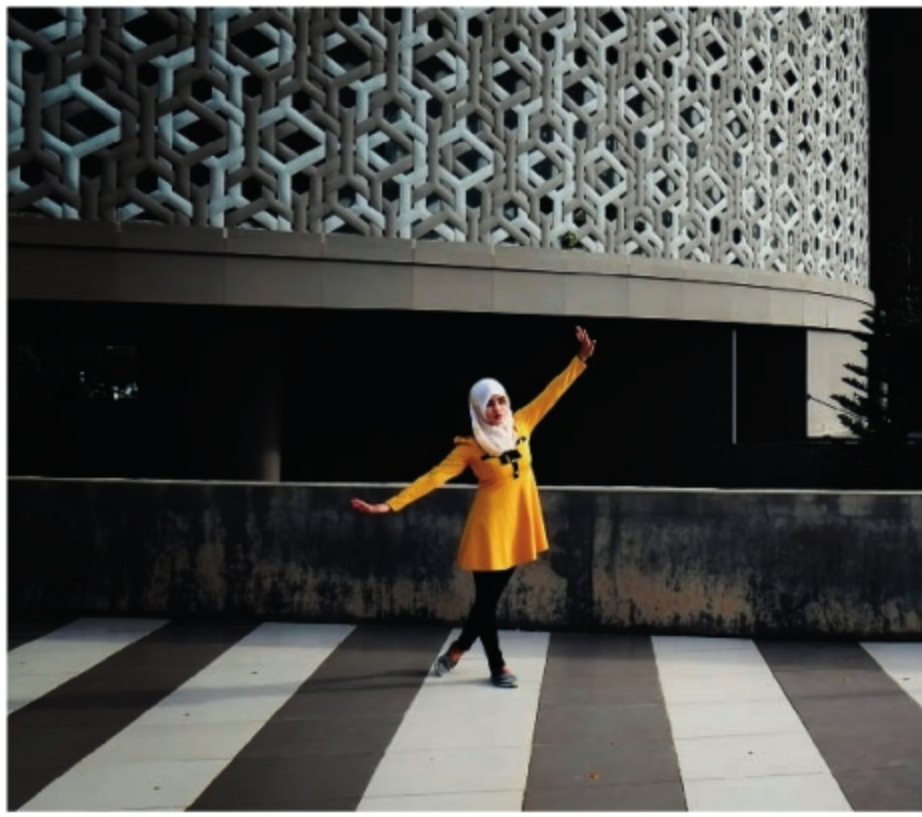
PROTEINES® ©Immagine : Elko Ojala • Il marchio Pink Lady® è usato per la commercializzazione della varietà Cripps Pink (C.O.V.)

di Jacopo Pasotti

La lezione dello tsunami

Dieci anni dopo il disastro che colpì le coste dell'Oceano Indiano, gli studi sulla mitigazione delle catastrofi naturali riscoprono l'importanza dei saperi tradizionali

Dieci anni fa, il 26 dicembre 2004, un terremoto sottomarino di magnitudo 9,3 sconvolse le coste dell'Oceano Indiano. Quella dell'isola indonesiana di Sumatra, ad appena 160 chilometri dall'epicentro del sisma, fu duramente colpita dal terremoto e dal successivo tsunami. Una serie di onde alte fino a 30 metri provocarono 230.000 vittime in Indonesia (di cui 50.000 dispersi) e oltre due milioni di evacuati. Abbiamo incontrato Khairul Munadi, direttore dello Tsunami and Disaster Mitigation Research Centre (TDRMC) di Banda Aceh, capoluogo della regione indonesiana devastata dall'evento sismico. A lui abbiamo chiesto di fare il punto sullo stato della ricerca, e delle conoscenze in generale, sul rischio di tsunami nell'Oceano Indiano. Le sue riflessioni sono però anche uno stimolo a interrogarci sulle conoscenze del fenomeno nel bacino del Mediterraneo. Sebbene nel nostro mare non si possano generare tsunami di queste dimensioni, il pericolo c'è, ed è quindi importante interrogarsi sullo stato di preparazione, anche scientifico e tecnico, nel nostro paese.



Mi può dire quali sono le principali lezioni apprese dal disastro del 2004?

Una riguarda la coscienza, assente prima dello tsunami, della necessità di generare capacità per la riduzione del rischio. La seconda lezione riguarda l'urgenza di un numero maggiore di persone che comprenda l'importanza di prepararsi ai pericoli naturali con un approccio di riduzione del rischio.

Mi può chiarire questo punto?

Mancano esperti capaci di operare sulla riduzione del rischio. È un approccio diverso rispetto alla consuetudine di puntare sulla sola gestione dell'emergenza a disastro avvenuto. Attualmente ci sono alcuni specialisti in riduzione del rischio, ma sono ancora pochi. A livello governativo, per esempio, mancano persone con un background di questo genere. In un paese così sensibile ai pericoli naturali [vulcani, terremoti, tsunami, tifoni, frane, N.d.R.], questa è una lacuna che va colmata.

Continuiamo con quello che avete imparato…

Al TDRMC siamo convinti che si debbano integrare nozioni di riduzione del rischio nel sistema educativo, nel curriculum scolastico. Bisogna cominciare dalle scuole primarie e continuare fino a quelle secondarie.

So che uno dei temi di maggior interesse per lei è riuscire a integrare la conoscenza tradizionale in quella scientifica. Infatti ho sentito che alcune isole dove la memoria degli tsunami del passato era stata conservata, per esempio in storie o canzoni, erano meglio preparate quando arrivò l'onda ed ebbero quindi un minor numero di vittime. Ma come fare a integrare queste conoscenze?

Questo è ancora un problema. Stiamo cercando il modo per validare scientificamente queste conoscenze. Il sapere tradizionale, implicito e non formalizzato, è come la parte profonda di un iceberg. È sommerso, ma gigante. Il sapere scientifico, per me, è come la parte affiorante dell'iceberg: si vede, è formalizzato. L'unione tra scienza e conoscenze tradizionali fondate su secoli di esperienza diretta dei fenomeni naturali è fondamentale per formare una società pronta al pericolo naturale.

Abbiamo fatto diverse ricerche in questa direzione, abbiamo cercato di capire quali fenomeni siano stati «catturati» nella conoscenze tradizionali. Per esempio alcuni segnali premonitori sono stati tramandati in canti. Prima dello tsunami questo non sarebbe stato neppure considerato un tema di studio, quindi è una grande lezione per il mondo della ricerca. Come fare poi a trasferire queste conoscenze, distillare quelle che possono veramente aiutare nella scienza del rischio, è un passo ancora da compiere.

E la comunità scientifica accetta questo approccio che unisce la scienza a un sapere più popolare?

La mia impressione è che questo sia possibile e che ci sia interesse. Ma, bisogna ammetterlo, sono pochi gli specialisti che si occupano di questa materia. Alcuni nostri studi sono stati pubblicati su riviste scientifiche, e questa è una prova che ciò è possibile.

Tutte le foto cortesia dell'autore

CHI È

Khairul Munadi è originario di Sabang, una piccola isola dell'arcipelago indonesiano: è la più settentrionale e occidentale del paese.

Ha svolto studi di ingegneria elettronica alla Tokyo Metropolitan University, in Giappone. Durante gli studi di dottorato, lo tsunami del 2004 colpì la sua isola e Sumatra.

Tornato nel 2008 a Banda Aceh è entrato nel Tsunami and Disaster Mitigation Center, di cui è divenuto direttore nel 2013. Da quando è rientrato in Indonesia, Munadi ha messo da parte le sue conoscenze ingegneristiche e tecniche e si interessa all'integrazione dei due saperi: quello scientifico e quello tradizionale.

È persuaso che la chiave per la mitigazione del rischio naturale sia nella integrazione tra le due conoscenze.

La ricostruzione di Banda Aceh è ancora in corso, ma i turisti sono tornati a frequentarne strade e alberghi: aggiungendo alle loro mete anche il Museo dello tsunami fondato nel 2009 (*sopra*).

Parliamo ora del TDRMC, che è stato fondato grazie alle donazioni giunte immediatamente dopo il disastro, e che quindi ora deve trovare i propri mezzi per proseguire.

Abbiamo avuto un periodo difficile. Ora però la Syiah Kuala University (il principale istituto universitario di Banda Aceh) ha sposato la nostra visione secondo cui il TDRMC può essere un istituto *leader* nella ricerca della riduzione e mitigazione dei disastri naturali. Sono quindi sicuro che negli anni futuri avremo una maggiore attenzione dall'università, anche in termini di fondi per la ricerca. Tra l'altro stiamo ricevendo più attenzione anche da parte dei giovani scienziati, e questo ci rende più competitivi anche nella ricerca dei fondi. L'anno scorso per esempio abbiamo ottenuto un *grant* dall'organizzazione USAID, era molto competitivo come finanziamento.

E, come leader, so che state puntando sempre di più nelle collaborazioni *south-to-south*, cioè tra paesi del sud del mondo.

Grazie appunto alla crescita del TDRMC ora siamo uno dei centri di eccellenza nel programma indonesiano *south-to-south*. Con questo programma, sostenuto anche dall'Islamic Development Bank, l'Indonesia intende contribuire alla condivisione del sapere nei paesi del sud del mondo, e noi siamo il *focus* nel campo della riduzione del rischio. La settimana scorsa abbiamo tenuto un corso per specialisti delle isole Fiji e di Timor Est. L'anno scorso abbiamo invece invitato esperti da Bangladesh, Maldive e Senegal.

In sintesi, direbbe che la scienza ha reso Banda Aceh un posto più sicuro?

Certamente. Prima di quell'evento, ad Aceh non c'erano specialisti e non c'erano gruppi di ricerca che si occupassero di questo problema. Gli tsunami erano sostanzialmente sconosciuti, ora non è più così.

di Letizia Gabaglio

Gli innovatori della radioterapia

Nata solo un paio di anni fa, Sordina IORT Technology è leader mondiale nel settore degli acceleratori di elettroni per la radioterapia intraoperatoria

La storia è complicata, ma proveremo a raccontarvela. Il finale lo sveliamo subito: in Italia c'è l'azienda leader mondiale nella radioterapia intraoperatoria. Si chiama Sordina IORT Technology, SIT in breve, ed è nata all'inizio del 2013 dalla fusione di altre due aziende, Sordina da una parte e New Radiant Technology dall'altra. Ma il lavoro di ricerca e sviluppo che ha portato alla realizzazione di macchine in grado di somministrare la radioterapia durante l'intervento chirurgico è stato lungo, ed è iniziato vent'anni fa. Per caso, come spesso accade nella vita.

L'evento fortuito è un'alluvione che nel 1994 allaga la zona a sud di Roma. A Latina, in particolare, l'ospedale si ritrova con molti locali pieni di acqua e liquami. In uno di questi c'è una macchina costosissima, appena comprata: un acceleratore di particelle per la radioterapia. Il primario, Giorgio Arcangeli, chiama la casa produttrice della macchina, ma purtroppo il contratto stipulato non prevedeva la riparazione in caso di guasto causato da eventi naturali. Disperato, Arcangeli prende in mano l'elenco del telefono in cerca di aiuto. Scopre così che a pochi chilometri di distanza c'è un'azienda che si occupa proprio di acceleratori di particelle, Hitesys. Li chiama, risponde l'ingegner Mario Fantini, che va a vedere di che si tratta: il suo gruppo di ingegneri può risolvere il problema. Dall'incontro fra il primario e il ricercatore nasce però subito un'idea: costruire una macchina per fare radioterapia dentro la sala operatoria, durante l'intervento.

Un'intuizione di quasi cent'anni fa

«L'idea della radioterapia intraoperatoria (IORT) non era nuova neanche allora», spiega Giuseppe Felici, direttore della ricerca di SIT. «Il primo esempio documentato è del 1905: un paziente disteso su un tavolo operatorio con un tubo catodico nell'addome per generare raggi X». Per tutto il Novecento la radioterapia è stata effettuata con le tecnologie più diverse: era evidente, infatti, che le radiazioni ionizzanti riuscivano a uccidere le cellule malate in maniera molto efficace; la difficoltà consiste nell'effettuare un irraggiamento estremamente selettivo, colpendo le cellule malate e risparmiando i tessuti sani. Come fare a raggiungere solo l'obiettivo ed escludere tutto quello che gli sta intorno? «Negli acceleratori a fasci esterni, combinando irraggiamenti da punti differenti di riesce a depositare una dose opportuna di radiazioni sul tessuto malato, salvaguardando quello sano», continua il fisico. «L'idea di base della IORT è che in sala operatoria, il chirurgo il bersaglio lo ha lì davanti a sé. È quello il momento migliore per eseguire la radioterapia».

Teoricamente facile, praticamente molto difficile. Fino agli anni ottanta, in tutto il mondo, gli ospedali attrezzati per poter fare una cosa del genere si contavano sulle dita di una mano. E così a svilupparsi maggiormente è la radioterapia a fasci esterni, che agisce cioè dall'esterno. Ma Arcangeli, il primario di Latina, ha visto qualcosa in Fantini, l'ingegnere dell'Hytesis, e lancia la sfida: costruire una macchina per poter fare IORT in qualsiasi ospedale. Fantini la raccoglie, e nel 1997 fa il suo debutto Novac, il primo acceleratore di elettroni italiano per la radioterapia intraoperatoria. Ma il punto di svolta per la sorte del progetto è l'incontro con Umberto Veronesi: è il 1998 e, a un congresso medico, l'oncologo

LA SCHEDA

SIT

Fatturato
n.d.

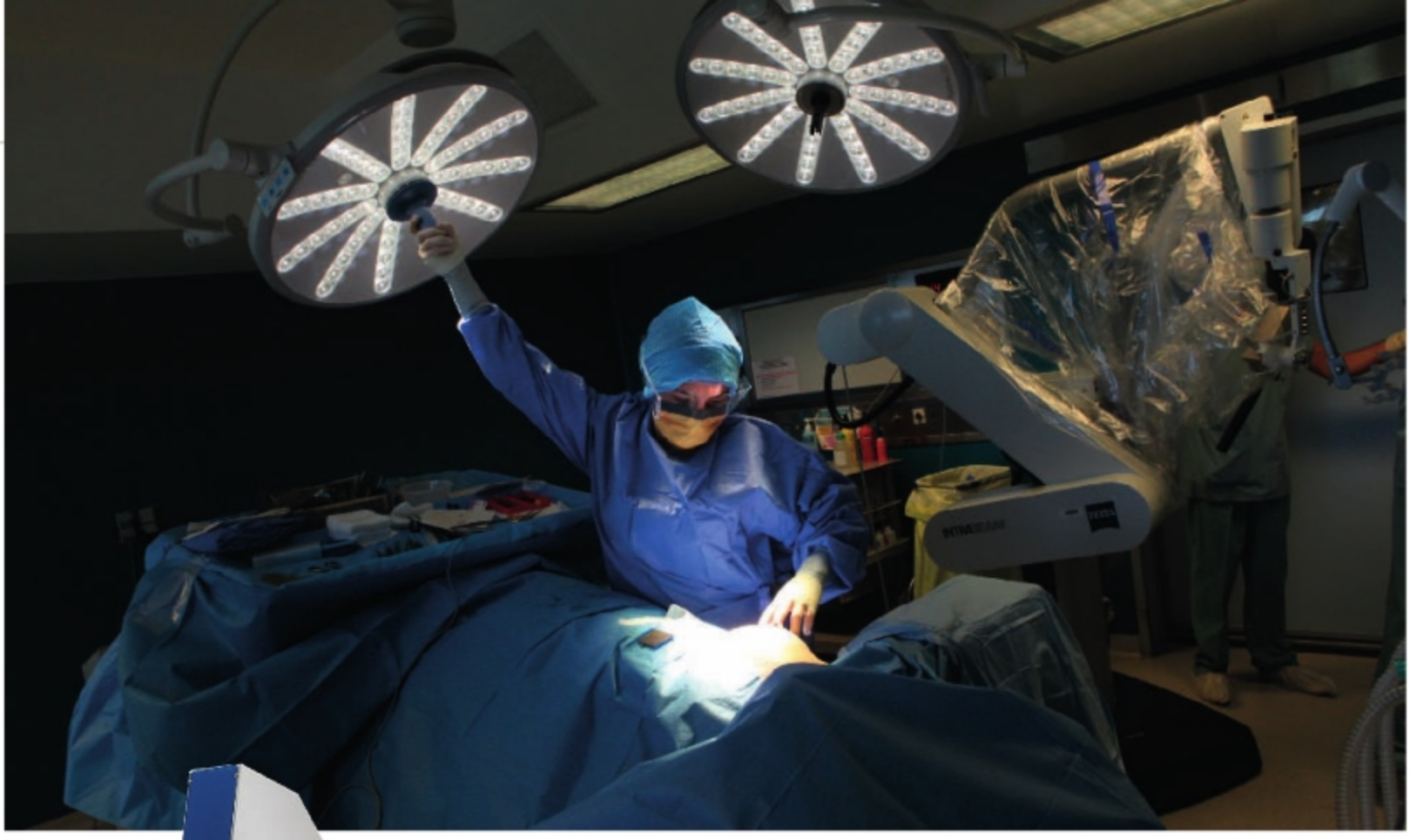
Investimenti in ricerca
n.d.

Dipendenti/collaboratori
45 di cui 8 impiegati in R&S

Brevetti rilasciati
12

Idea italiana. Sotto, radioterapia classica. A fronte, in alto radioterapia perioperatoria all'Institut Paoli-Calmettes di Marsiglia effettuata in modo simile a quella intraoperatoria; sotto LIAC di SIT.

Arctic-Images/Corbis (*radioterapia classica*); cortesia SIT (*pagina a fronte in basso*); Louise Oligny/BSIP/SPL/Contrasto (*pagina a fronte in alto*)



visita lo *stand* dell'azienda di Aprilia con il Novac ben in evidenza. Parla con Fantini e si convince: vuole provare a trattare il carcinoma della mammella con la IORT. L'Istituto europeo di oncologia (IEO) diventa un cliente importante e soprattutto uno sponsor scientifico di rilievo.

Se dal punto di vista della ricerca tutto sembra andare per il meglio, però, le alterne vicende dell'Hitesys mettono a rischio il progetto. Fantini e il suo gruppo di lavoro non demordono: cambiano azienda, rientrano in contatto con l'ENEA, l'ente da cui Hitesys traeva la maggior parte delle commesse, e si mettono a lavorare per la realizzazione di un'altra macchina più evoluta. Nel 2002 è pronto lo strumento LIAC e di nuovo Veronesi e l'IEO di Milano sono in prima fila per acquistarlo. Grazie alla collaborazione con l'oncologo milanese da una parte, e dall'altra con il professor Arcangeli, nel frattempo trasferitosi a Roma all'Ospedale «Regina Elena». confluito poi negli Istituti fisioterapici ospitalieri (IFO), gli ingegneri che lavorano con Fantini riescono a migliorare di anno in anno l'apparecchio.

Per trasformare questa eccellenza scientifica in un prodotto commerciale di successo, però, ci voleva un imprenditore capace di comprenderne il valore. Quell'uomo risponde al nome di Giuseppe Zanetti, che alla fine degli anni novanta aveva rilevato Sordina, azienda che dalla fine dell'Ottocento produceva letti operatori e macchinari per la sterilizzazione dei ferri chirurgici: è lui che pensa prima di comprare la società in cui era confluito Fantini, e quindi di fondersi con New Radiant Technology, che nel frattempo aveva assorbito Hitesys, e formare così un grande polo italiano della IORT, che oggi è anche il più importante al mondo.

«Un'operazione che deve la sua riuscita all'intuizione di Fantini di individuare una nicchia di mercato: attraente per una comunità di utenti altamente specializzati, ma non abbastanza numerosa per attrarre colossi multinazionali», spiega Felici. Zanetti lo ha capito e così è nata SIT: le sue macchine oggi non sono solo in Italia, ma anche in molti paesi europei, negli Stati Uniti, in Messico, in Iran. Lo studio clinico progettato da Veronesi per dimostrare l'efficacia della radioterapia intraoperatoria nel frattempo ha dato i suoi primi risultati, pubblicati nel 2013 su «The Lancet», e oggi i ricercatori SIT sono impegnati a migliorare ancora le prestazioni dei macchinari grazie anche ad accordi con l'INFN e il CNR e alla storica collaborazione con IFO.

«Il nostro prossimo obiettivo è quello di trovare nuove soluzioni per poter dispensare il trattamento sulla base di immagini prese in tempo reale, e per poter dosare la terapia mentre viene eseguita, aumentando così efficacia e sicurezza del trattamento», conclude Felici. La storia va avanti.

di Telmo Pievani
è professore associato di filosofia delle scienze biologiche dell'Università degli Studi di Padova

Domatori di noi stessi

Nel corso dell'evoluzione la nostra specie si sarebbe auto-addomesticata

In un celebre esperimento cominciato negli anni cinquanta del Novecento, i ricercatori dell'Accademia Russa delle scienze a Novosibirsk allevarono per 45 generazioni un gruppo di volpi argentate, selezionando quelle che mostravano un carattere più docile. I risultati, pubblicati a partire dalla fine degli anni settanta, furono sorprendenti: insieme al buon carattere, le volpi selezionate in questo modo esprimevano le stesse caratteristiche esterne presenti in altri animali domestici. La coda si arricciava, le orecchie si afflosciavano, il pelo si faceva a chiazze, comparivano tipiche macchie bianche sulla testa, il muso si accorciava e diventava più femminile, testa e mascelle dei maschi si rimpicciolivano.

Un grande osservatore di animali domestici come Charles Darwin si era già accorto di questi effetti collaterali, coordinati fra loro, della selezione artificiale. Oggi sappiamo che la «sindrome da domesticazione» potrebbe essere causata da effetti pleiotropici: un gene influenza più tratti e viceversa un singolo tratto è prodotto dalla cooperazione di più geni; quindi, se la selezione favorisce un certo tratto, si avranno effetti collaterali sia genetici sia fenotipici. I cambiamenti indotti dalla sindrome da domesticazione, poi, hanno tutti un elemento in comune: gli individui allungano i loro tempi di sviluppo, trattenendo in età adulta caratteri tipici dei giovani. La domesticazione seleziona infatti gli animali che si sviluppano più lentamente: sono meno aggressivi, si fidano e imparano di più, cooperano con chi li sta educando, e hanno un aspetto più «tenero» che stimola l'accudimento.

In un lavoro su «Current Anthropology», Robert Franciscus e colleghi sostengono di avere identificato cambiamenti simili nell'evoluzione della nostra specie, confermando in tal modo un'altra intuizione darwiniana cui si fa cenno nell'*Origine dell'uomo*. In *Homo sapiens* le arcate sopraccigliari si sono ridotte, le facce accorciate, le mascelle sono meno volitive e il volume cranico è diminuito. L'aspetto dei maschi si è femminilizzato, denotando una riduzione del testosterone e degli ormoni dello stress. L'ipotesi è che nell'evoluzione del genere *Homo* la selezione naturale individuale si sia allentata, lasciando spazio a una maggiore pressione selettiva a favore della tolleranza sociale e della cooperazione. Siamo insomma diventati più «docili» verso i nostri simili, con riduzione dei livelli di aggressività (almeno all'interno del nostro gruppo). In una parola, come ha scritto Ann Gibbons su «Science», ci siamo auto-addomesticati, il che spiegherebbe sia i livelli ormonali sia le modificazioni cranio-facciali.

Su «Genetics», Tecumseh Fitch, Richard Wrangham e Adam Wilkins attribuiscono la sindrome da domesticazione a cambiamenti nello sviluppo embrionale iniziale, in particolare nelle cellule della cresta neurale che controllano sia la formazione dei tessuti coinvolti in questi tratti sia le ghiandole surrenali. Negli animali addomesticati e auto-addomesticati lo sviluppo di queste cellule è rallentato. L'ipotesi ha bisogno di nuovi test, ma conferma l'idea affascinante secondo cui la neotenia – cioè il trattenimento di caratteri giovanili e con essi di più forti attitudini all'apprendimento, all'inventiva e alla cooperazione – sarebbe stato uno dei fattori più importanti dell'evoluzione umana recente, come già attestato da altri dati molecolari e paleontologici.

La neotenia porta doni cognitivi e comportamentali preziosi ma è anche costosa, perché obbliga i gruppi sociali ad accudire cuccioli fragili e dipendenti più a lungo. Il rafforzamento dei legami per proteggere i cuccioli ha cambiato la nostra nicchia ecologica e potrebbe aver rafforzato, a sua volta, una pressione selettiva a favore di individui più «docili» e socialmente «addomesticati», in particolare maschi meno aggressivi con i compagni di gruppo (salvo poi rifarsi con gli estranei di altri gruppi, come le umane guerre e mafie tristemente insegnano).

Tipicamente umani. L'allungamento dei tempi di sviluppo rispetto alle altre specie tipico degli esseri umani sarebbe un risultato dell'auto-addomesticamento di *Homo sapiens*.

Heide Benser/Corbis

di Edoardo Boncinelli
Università Vita-Salute San Raffaele, Milano

L'utilità delle scappatelle

I rapporti saltuari fuori dalla coppia possono portare ad alcuni vantaggi evolutivi

La grande maggioranza delle specie di uccelli canori è monogama, nel senso che una coppia intrattiene un rapporto relativamente stabile nel tempo e condivide spesso la cura della prole. Per questo motivo costituiscono un importante modello di studio anche per i comportamenti della nostra specie. Si osservano però continui episodi di rapporto saltuario fuori dalla coppia, sollecitato in genere dalle femmine, che generano una notevole percentuale di figli non «regolari». Per più di 200 specie studiate in dettaglio una sostanziosa percentuale di figli, anche più della metà, con una media che si aggira intorno al 12 per cento, non sono figli del padre «legittimo». Perché? Qual è il vantaggio evolutivo di questi comportamenti, non diversissimi da quelli che danno luogo a molte rocambolesche e boccaccesche avventure umane?

La prima spiegazione che viene in mente è molto semplice: così si aumenta la variabilità intraspecifica, offrendo di conseguenza più materia all'opera della selezione naturale. Osservazioni e relativi calcoli non sembrano però confermare questa ipotesi, perché il vantaggio portato dal fenomeno si rivela sotto tale profilo veramente esiguo. Ci vuole dell'altro. Questo altro sembra che sia stato finalmente individuato (Eliassen S. e Jorgensen C., in «PLoS ONE», Vol. 9, e99878) e si prospetta particolarmente interessante: così facendo si aumenta il grado di cooperazione fra maschi diversi riguardo alla cura dei figli propri e altrui. Si crea insomma una sorta di piccola comunità comprendente famiglie diverse. E questo sì che può rappresentare una potente spinta evolutiva.

Lo sviluppo di un'efficiente individuazione dei marcatori genetici avvenuto negli anni ottanta ha generato molti studi in specie diverse e in particolare negli uccelli che, un po' per la loro monogamia e un po' per la rapidità con cui si sviluppa la loro prole, sembravano un soggetto poco interessante per lo studio della selezione sessuale. Ben presto però ci si rese conto delle proporzioni del fenomeno «scappatella sistematica» in genere propiziato dalle femmine. Ci si chiese allora quale poteva essere il vantaggio evolutivo per quelle, senza che emergesse niente di solido. Si decise allora di esplorare in altre direzioni, sempre basandosi sulle risultanze sperimentali.

Adesso la cosa sembra chiarita. Il comportamento osservato incentiva i maschi a cooperare con i vicini su un ampio spettro di comportamenti che generano un vantaggio comune. Questo accade perché il comportamento «distribuisce» la probabilità di una paternità biologica su più nidi piuttosto che limitarne l'estensione a un singolo nido. A causa dell'incerta redistribuzione degli interessi riproduttivi dei maschi, gli autori suggeriscono uno spostamento degli interessi dei diversi maschi anche nella direzione delle nidiate limitrofe. Quale forma potrebbero prendere questi nuovi comportamenti? Pur nel contesto sociale di una specie monogama, potrebbero originarsi comportamenti collettivi volti a scoraggiare i predatori o l'infanticidio a opera di maschi malintenzionati.

Lui, lei e l'altro. La promiscuità incentiva i maschi a cooperare per aumentare le rispettive probabilità di paternità biologica.

Analogamente, questa logica potrebbe operare nella direzione di una riduzione della territorialità o altre modalità aggressive tra vicini, oppure con una messa in comune delle risorse naturali come se si causasse un rilassamento dei vincoli territoriali. Una possibile forza di questa nuova spiegazione sta anche nello spostamento dell'enfasi dalla genetica all'ecologia. Predazione e limitazione di cibo sono identificate come forze che contribuiscono in larga misura alle variazioni di idoneità biologica nelle popolazioni naturali.

Uno dei maggiori interrogativi posti dalla frequenza di questo comportamento in specie socialmente monogame è che si osserva in sistemi che sembrano doverne essere destabilizzati, ma in realtà ci sono sempre più prove, per uccelli e insetti, che è improbabile che la cooperazione si sviluppi all'interno di famiglie estese a meno che non ci si trovi in presenza anche di una monogamia genetica. Lo studio su «PLoS ONE» mostra che una differente forma di cooperazione, fra individui non imparentati, può essere efficacemente promossa dalla promiscuità. Il lavoro in questione suggerisce quindi un radicale cambiamento di prospettiva riguardo alla valutazione di costi e benefici nel processo evolutivo, e contribuisce a un approfondimento del concetto stesso di cooperazione.

© 2/Nisian Hughes/Ocean/Corbis

di Piergiorgio Odifreddi
professore ordinario di logica matematica all'Università di Torino
e visiting professor alla Cornell University di Ithaca (New York)

Scomposizioni indiziarie

Anche il matematico può partire da tracce per poi formare un quadro complesso

Nei romanzi polizieschi a volte il *detective* riesce a leggere semplici indizi come tracce di avvenimenti complessi. Lo stesso può fare il matematico, che a volte riesce a leggere semplici scomposizioni aritmetiche come segni di profonde proprietà dei numeri.

Una prima scomposizione apparentemente banale è quella di 3 come somma di 1 e 2. In realtà, è l'indizio che 3 è numero triangolare, rappresentabile graficamente con tre pallini disposti a triangolo equilatero: uno sopra, e due sotto. E la scomposizione suggerisce che i numeri triangolari si generano sommando via via gli interi in ordine di grandezza, cioè 1, 2, 3, 4, 5, eccetera, ottenendo 1, 3, 6, 10, 15, eccetera.

Sinteticamente, i numeri triangolari si esprimono mediante la formula $n(n + 1)/2$, che calcola da un lato la somma dei numeri da 1 a n, e dall'altro l'area di un triangolo di base n e altezza $n + 1$. In particolare, 3 è l'unico numero primo triangolare.

Da un altro punto di vista, la scomposizione di 3 come somma di 1 e 2 è l'indizio che esso è un numero di Fibonacci: cioè, appartiene alla sequenza che parte dai primi due numeri interi (1 e 2, appunto, ma volendo anche 0 e 1), e continua sommando ogni volta gli ultimi due numeri ottenuti. I numeri di Fibonacci sono dunque 1, 2, 3, 5, 8, eccetera.

Una seconda scomposizione apparentemente banale è quella di 4 come somma di 1 e 3. In realtà, è l'indizio che 4 è un numero quadrato, rappresentabile con quattro pallini disposti a quadrato: uno a un vertice, e tre attorno a squadra. E la scomposizione suggerisce che i numeri quadrati si possono generare sommando via via un intero ogni due, ossia i numeri dispari: sommando infatti consecutivamente i numeri 1, 3, 5, 7, 9, eccetera, si ottengono 1, 4, 9, 16, 25, eccetera.

La stessa scomposizione è anche l'indizio che ogni numero quadrato è la somma di due numeri triangolari consecutivi: sommando infatti due a due i numeri 1, 3, 6, 10, 15, eccetera, si ottengono di nuovo 1, 4, 9, 16, 25, eccetera.

Infine, la scomposizione mostra che 4 è la somma dei primi numeri triangolari, e dunque un numero tetraedrico, scomponibile in una piramide di strati triangolari equilateri. I numeri tetraedrici si ottengono sommando successivamente i numeri triangolari 1, 3, 6, 10, 15, eccetera, e sono 1, 4, 10, 20, 35, eccetera.

Una terza scomposizione apparentemente banale è quella di 5 come somma di 1 e 4. In realtà, è l'indizio che 5 è un numero pentagonale, rappresentabile graficamente con cinque pallini disposti a pentagono. E la scomposizione suggerisce che i numeri pentagonali si possono generare sommando progressivamente un numero intero ogni tre, cioè 4, 7, 10, 13, eccetera, ottenendo via via 1, 5, 12, 22, 35, eccetera.

Sinteticamente, i numeri pentagonali si esprimono mediante la formula $n(3n - 1)/2$. La formula può anche essere usata con numeri negativi, nel qual caso genera un'altra serie parallela di numeri: 2, 7, 15, 26, 39, eccetera. Messe insieme le due serie, nel 1740 Eulero ottenne i numeri pentagonali generalizzati: 1, 2, 5, 7, 12, 15, eccetera. E scoprì che servono a generare i numeri delle partizioni degli interi: cioè i numeri di somme distinte in cui si possono scomporre i vari interi.

La scomposizione di 5 come somma di 1 e 4 mostra anche che 5 è la somma dei primi numeri quadrati, e dunque un numero piramidale a base quadrata, scomponibile in una piramide di strati quadrati. I numeri piramidali a base quadrata si ottengono sommando successivamente i numeri quadrati 1, 4, 9, 16, 25, eccetera, e sono 1, 5, 14, 30, 55, eccetera.

timquo/Shutterstock

A questo punto, il gioco può continuare all'infinito. Da un lato, come sommare un intero dietro l'altro produce i numeri triangolari, un intero ogni due i numeri quadrati, e un intero ogni tre i numeri pentagonali, così sommare un intero ogni quattro produce i numeri esagonali, un intero ogni cinque i numeri ettagonali, eccetera: cioè, le varie sottofamiglie della famiglia dei numeri poligonali.

Dall'altro lato, sommare successivamente i numeri triangolari, quadrati, pentagonali, eccetera, produce i numeri piramidali a base triangolare, quadrata, pentagonale, eccetera. A dimostrazione che la matematica non ha nulla da invidiare a una *detective story*, quanto a uso degli indizi apparentemente banali.

di Amedeo Balbi
Astrofisico, ricercatore al Dipartimento di fisica dell'Università di Roma Tor Vergata

Alla ricerca di mondi lontani

La scienza dei pianeti extrasolari è attiva più che mai e ha programmi ambiziosi

Solo qualche decina di anni fa, l'idea di trovare le prove dell'esistenza di pianeti attorno ad altre stelle sarebbe sembrata estremamente speculativa. I pianeti sono oggetti talmente piccoli e poco luminosi rispetto alla stella attorno a cui orbitano che le difficoltà da superare per osservarli sono formidabili. Oggi, però, viviamo in un'epoca in cui nuovi pianeti extrasolari, o «esopianeti», vengono scoperti a un ritmo impressionante. Al momento in cui scrivo queste righe siamo arrivati a 1849 esopianeti confermati, mentre i possibili candidati non confermati sono oltre 4000.

La ragione di questa esplosione è da cercare nei progressi degli strumenti e delle tecniche di osservazione. La presenza degli esopianeti è rivelata indirettamente, attraverso gli effetti che provocano sulla loro stella. I più importanti sono due: da un lato c'è la lievissima diminuzione nella luce della stella quando il pianeta le transita davanti; dall'altro c'è il moto periodico indotto nella stella dalla presenza del pianeta (o dei pianeti), che può essere misurato attraverso lo spostamento delle righe spettrali della stella stessa (per lo stesso effetto Doppler che provoca la variazione del tono della sirena di un'ambulanza in movimento).

Si tratta in entrambi i casi di effetti minuscoli, ma ormai alla portata degli strumenti più sensibili. I due metodi si completano, perché l'osservazione del transito permette la misura del raggio del pianeta, mentre il metodo basato sulla variazione dello spettro può dare informazioni sulla massa: se si conoscono sia massa sia raggio del pianeta se ne può stimare la densità, e quindi la composizione. Se il metodo spettroscopico ha portato alle prime scoperte di esopianeti all'inizio degli anni novanta, continuando a dominare fino al primo decennio del nuovo secolo, l'osservazione dei transiti si è affermata con forza negli ultimi anni, dopo il lancio da parte della NASA del satellite Kepler, che da solo è responsabile della scoperta di circa metà degli esopianeti noti.

Insomma, la scienza degli esopianeti è in forte attività, e mentre la fase di scoperta prosegue a pieno ritmo, si sta rapidamente passando al secondo passo, quello della caratterizzazione dei pianeti già noti. In entrambi gli ambiti sono stati messi in campo per i prossimi anni progetti ambiziosi che vedono anche un'attiva partecipazione italiana.

Tra quelli già in corso c'è HARPS-N, uno strumento del Telescopio Nazionale Galileo di 3,5 metri dell'Istituto nazionale di astrofisica (INAF), che con accurate misurazioni spettroscopiche può scoprire nuovi pianeti e misurare la massa di quelli già rivelati da Kepler. Questo tipo di approccio verrà in futuro spinto ancora oltre da strumenti addirittura più sensibili come ESPRESSO al Very Large Telescope o CODEX all'Extremely Large Telescope. Per l'osservazione dei transiti, l'Italia è presente in almeno due missioni spaziali dell'ESA, l'Agenzia spaziale europea: CHEOPS (il cui lancio è previsto per il 2017) e PLATO (prevista per il 2024).

Non va dimenticata poi la possibilità di sfruttare per la ricerca di esopianeti anche il satellite GAIA, che ha da poco iniziato il più accurato e ricco censimento delle posizioni delle stelle della nostra galassia. E quello che un tempo sarebbe sembrato un obiettivo impossibile, ovvero l'osservazione diretta di pianeti intorno ad altre stelle, sarà in futuro possibile grazie alle risoluzioni sempre maggiori raggiungibili dai grandi telescopi di nuova generazione.

Infine, c'è l'ambizioso obiettivo di studiare la composizione delle atmosfere degli esopianeti noti, che potrà spingersi fino a cercare i segni di un'eventuale attività biologica sulla loro superficie. Perché, in definitiva, una delle più forti motivazioni per esplorare altri pianeti è capire quanto siano comuni mondi come il nostro, adatti alla vita o addirittura abitati, nel resto dell'universo.

Occhio italiano. Il Telescopio Nazionale Galileo dell'INAF si trova sulla sommità dell'isola di San Miguel de La Palma, nell'arcipelago delle Canarie, e scruta il cielo alla ricerca di esopianeti.

Cortesía Giovanni Tessicini

di Giorgio Manzi
Insegna paleoantropologia presso il Dipartimento di biologia ambientale dell'Università «La Sapienza» di Roma, dove dirige il Museo di antropologia «Giuseppe Sergi»

Racconti del DNA antico

La struttura genomica dei primi Europei è più complessa di quanto ritenessimo

Torniamo a parlare di DNA antico. Anche perché il mese scorso sembra quasi che «Nature» e «Science» abbiano fatto a gara nel diffondere nuovi dati sul genoma dei primi rappresentanti della nostra specie. Sapevamo già che parecchio tempo dopo l'origine di *Homo sapiens*, cioè a partire da almeno 100.000 anni fa, c'erano gruppi di esseri umani anatomicamente moderni che ormai «traboccavano» fuori dall'Africa, anche se la spinta definitiva avvenne decine di migliaia di anni dopo, intorno a 60.000 anni dal presente. Com'è noto, in questo lasso di tempo i primi *Homo sapiens* usciti dall'Africa, si incontrarono e incrociarono geneticamente con i Neanderthal diffusi in Medio Oriente. I dati a nostra disposizione, suggeriscono che l'ibridazione sia avvenuta solo lì, visto che le popolazioni umane dell'intero pianeta (tranne gli africani) ne portano ancora oggi le tracce, peraltro piuttosto modeste, e che queste non sono maggiori nelle aree dove i Neanderthal erano diffusi (Europa, parte della Siberia e Vicino Oriente) e si confrontarono anche a lungo con i nostri antenati.

Ma quando avvennero esattamente questi scambi sessuali? Alla domanda vuole rispondere un lavoro pubblicato su «Nature» che porta, fra le altre, la firma dell'ormai celebre Svante Pääbo del Max-Planck-Institut per l'antropologia evoluzionistica di Lipsia. Vi viene presentato il DNA estratto da un femore umano scoperto per caso da un cercatore d'avorio di mammut in un sito denominato Ust'-Ishim, in Siberia, più o meno a metà strada fra gli Urali e gli Altai. Il reperto è stato datato a circa 45.000 anni fa e ha restituito DNA (moderno) in abbondanza. Vi è stato trovata una quota di materiale genetico di *Homo neanderthalensis* prossimo al 2 per cento, né più né meno quello che sembra essere presente in ciascuno di noi.

I segmenti di «DNA ibrido» sono però piuttosto lunghi, nell'ordine di quasi quattro volte più che nei genomi attuali e i ricercatori hanno stimato che il flusso di geni fra le due specie si sarebbe verificato tra 232 e 430 generazioni prima che l'individuo di Ust'-Ishim vivesse. La stima che ne è derivata per l'epoca dell'ibridazione si aggira intorno a 55.000 anni fa. Questo dato risulta in contrasto con l'evidenza fossile, che mostra gruppi umani moderni fuori dall'Africa già prima di 100.000 anni fa. Sembrerebbe dunque che non furono i primi *Homo sapiens* extra-africani a dare origine alla nostra variabilità attuale, inclusa la quota di DNA ibrido, ma solo quelli della seconda ondata. Bisognerà capire meglio.

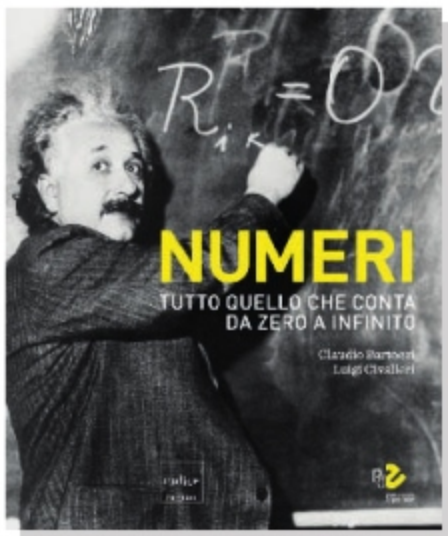
Fa eco un articolo su «Science», a firma di ricercatori danesi, statunitensi e britannici: mentre scrivo è ancora solo *on line*, anche se c'è già un discreto tam-tam mediatico. Riguarda uno scheletro di 37.500 anni fa rinvenuto nel 1954 in Russia nella media valle del Don, sito di Kostenki-Borshchevo. Si tratta di uno dei più antichi resti fossili di *Homo sapiens* in Europa, siglato Kostenki 14 (K14). Anche qui è stato estratto e sequenziato il DNA e ne è emerso un quadro molto complesso che riguarda la struttura genomica dei primi Europei.

Incontri ravvicinati. Ricostruzione di cranio di *Homo neanderthalensis* esposta al Museo di archeologia di Chemnitz, in Germania.

Hendrik Schmidt/dpa/Corbis

Se ne deduce che alla data in cui visse K14 le popolazioni del nostro continente erano già distinte da quelle dell'Estremo Oriente (oltre che da quelle africane) e portavano in sé il retaggio di una misteriosa «popolazione basale» euroasiatica, il cui DNA emergerà di nuovo quasi 30.000 anni dopo, con l'ondata di diffusione degli agricoltori neolitici. Proveniente ancora una volta dal Vicino Oriente, questa contribuirà alla composizione genetica di noi Europei attuali, facendo riemergere il DNA di quella popolazione basale. Inoltre, anche in K14 si trovano modeste quantità di lunghi segmenti di DNA dei Neanderthal, retaggio di incroci che vengono stimati prossimi a 55.000 anni fa.

Proprio un quadro complesso, non c'è che dire.

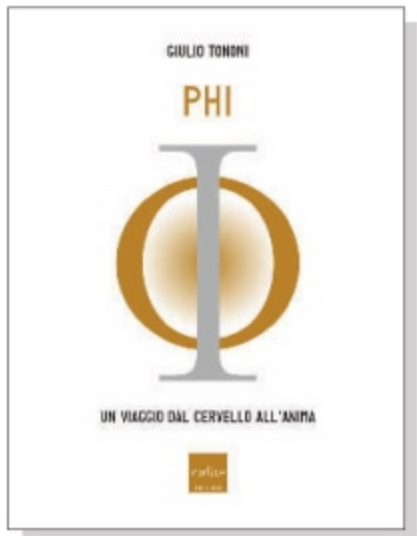


PP. 224
EURO 25,00

CLAUDIO BARTOCCI, LUIGI CIVALLERI

NUMERI
TUTTO QUELLO CHE CONTA, DA ZERO A INFINITO

Un percorso alla scoperta di una delle massime espressioni della cultura umana: la matematica.



PP. 368
EURO 35,00

GIULIO TONONI

PHI:
UN VIAGGIO DAL CERVELLO ALL'ANIMA

Suggestivo saggio sulla teoria della coscienza, dall'inaspettata veste narrativa. Con più di 200 illustrazioni a colori.

PP. 208
EURO 25,00

VITTORIO MARCHIS

LE COSE DI CASA
CRONACHE MINIME DI TECNOLOGIE DOMESTICHE

PP. 208, EURO 25,00

Una curiosa storia sociale vista attraverso le nostre quotidiane "cose di casa".

PP. 312
EURO 29,00

ROB DESALLE, IAN TATTERSALL

IL TEMPO IN UNA BOTTIGLIA
STORIA NATURALE DEL VINO

ILLUSTRAZIONI A COLORI DI PATRICIA J. WYNNE
PP. 312, EURO 29,00

Un libro unico, per degustare il vino attraverso la sua storia e una molteplicità di sguardi sorprendenti.

info@codiceedizioni.it
codiceedizioni.it

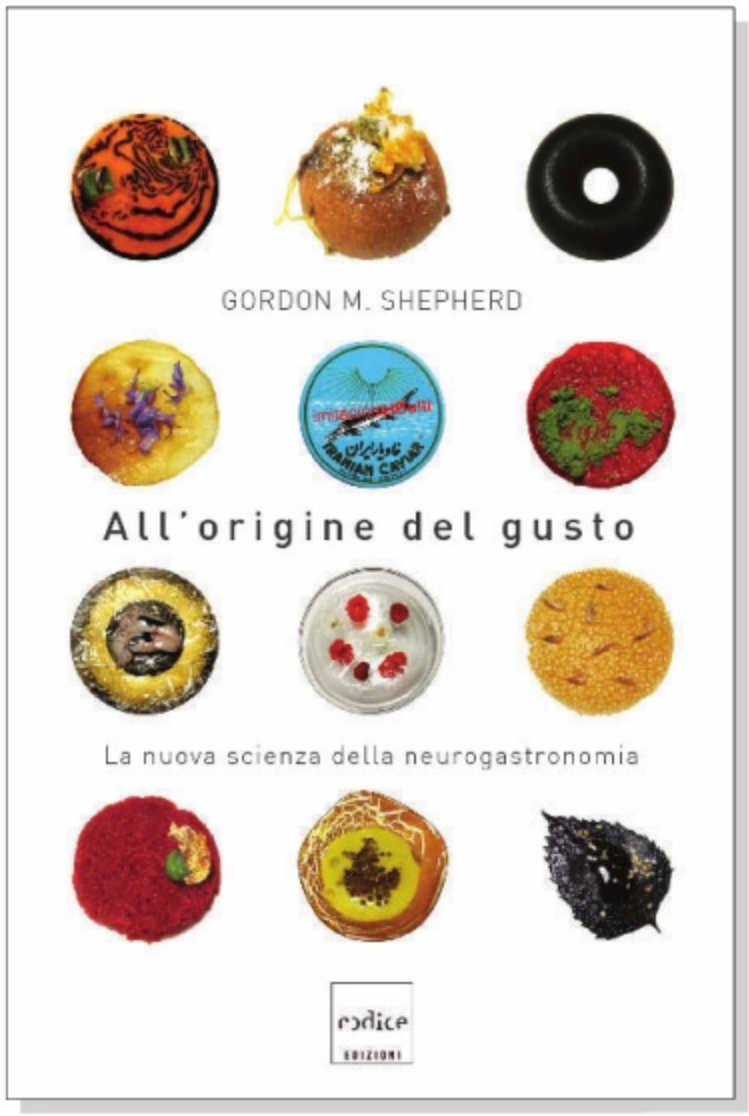
facebook.com/codiceedizioni
twitter.com/codiceedizioni
pinterest.com/codiceedizioni

codice
EDIZIONI

GORDON M. SHEPHERD

ALL'ORIGINE DEL GUSTO

LA NUOVA SCIENZA DELLA NEUROGASTRONOMIA



pp. 376
euro 25,00

codice
EDIZIONI

Perché ci piacciono certi cibi e non altri?
Perché siamo troppo attratti da ciò che ci piace e troppo poco da quello che non ci piace?
Una nuova scienza del mangiare mette in luce le complesse interazioni tra i sensi e il cervello.

Il libro-manifesto della neurogastronomia, la nuova disciplina scientifica dove gli studi sul cervello incontrano quelli sul cibo.

Con 30 foto a colori di alcuni famosi piatti dei più grandi chef nazionali e internazionali: da Carlo Cracco a Ferran Adrià, da Alain Ducasse a Gualtiero Marchesi. Firmate Bob Noto.

"ALL'ORIGINE DEL GUSTO" È ANCHE IL CATALOGO DELLA MOSTRA "FOOD. LA SCIENZA DAI SEMI AL PIATTO".

MUSEO DI STORIA NATURALE, MILANO
28 NOVEMBRE 2014 - 28 GIUGNO 2015

FOOD
LA SCIENZA DAI SEMI AL PIATTO

info@codiceedizioni.it
codiceedizioni.it

facebook.com/codiceedizioni
twitter.com/codiceedizioni
pinterest.com/codiceedizioni

codice
EDIZIONI

SVILUPPO SOSTENIBILE

La demografia e le sfide del futuro

Popolazione globale e pressione ambientale continueranno a crescere

James Marshall/Corbis

Oggi, e domani? Il mercato di Oshodi, in Nigeria, vicino alla capitale Lagos. Secondo nuove proiezioni delle Nazioni Unite, la popolazione globale continuerà ad aumentare, soprattutto nell'Africa sub-sahariana.

Forse la popolazione mondiale si stabilizzerà a breve, o forse no. Forse le nostre società faticheranno a reggere l'invecchiamento, ma a certe condizioni forse potrebbero addirittura avvantaggiarsene. Una cosa però è certa: non possiamo contare sul calo numerico umano per salvaguardare l'ambiente.

Le traiettorie demografiche restano dibattute. Finora le proiezioni delle Nazioni Unite pronosticavano una crescita sempre più lenta fino alla stabilizzazione intorno ai nove miliardi di persone nel 2050. Ma difficilmente andrà così, avvisa su «Science» Patrick Gerland della divisione demografica dell'ONU. Le ultime proiezioni – con modelli più sofisticati, dati aggiornati e informazioni non considerate in passato, come l'andamento dell'epidemia di AIDS – indicano che la crescita proseguirà, portandoci (con l'80 per cento di probabilità) dai 7,2 miliardi odierni a 9,6-12,3 miliardi nel 2100.

L'incremento interesserà soprattutto l'Africa sub-sahariana, dove la natalità cala meno del previsto (*si veda la rubrica a p. 96*). Altrove, invece, ci sarà l'attesa stabilizzazione o un calo, e il conseguente invecchiamento.

Che non deve necessariamente preoccupare, sostiene sempre su «Science» Ronald Lee della Berkeley University, in uno studio sui trasferimenti di risorse fra generazioni: se il declino è lento, e si adottano le giuste politiche su disparità di redditi, istruzione, pari opportunità e immigrazione, nonostante lo sforzo per le casse statali il benessere individuale può persino guadagnarne.

Ma non sarà così per gli ecosistemi, spiegano sui «Proceedings of the National Academy of Sciences» Corey Bradshaw e Barry Brook, specialisti di scienze ambientali all'Università di Adelaide in Australia. I due hanno giocato con vari possibili scenari, dagli «unici interventi ragionevoli per ridurre la fertilità» tramite sviluppo socioeconomico, istruzione femminile e pianificazione familiare, a politiche del figlio unico in stile cinese, fino a catastrofi come una guerra nucleare. Lo scopo non era pronosticare la popolazione umana a fine secolo, ma valutare quanto i vari freni demografici possano ridurre la pressione sulle risorse ambientali.

Il risultato non conforta: a meno di eventi estremi come una pandemia disastrosa, le misure di controllo realistiche non faranno molta differenza. Se la mortalità continua a calare ai ritmi attuali, per esempio, anche un ipotetico figlio unico obbligatorio su scala planetaria riporterebbe la popolazione del 2100 ai livelli odierni. «Non esistono modi facili e veloci per cambiare le traiettorie demografiche. Per non depauperare il pianeta dovremo puntare anche su innovazioni tecnologiche e sociali che riducano notevolmente i consumi di risorse», concludono i due scienziati.

Giovanni Sabato

FISICA DELLE PARTICELLE

Materia oscura emessa dal Sole?

Secondo un'analisi di dati del telescopio XMM-Newton la nostra stella produrrebbe assioni

Nuovi indizi sulla materia oscura potrebbero arrivare dall'astronomia a raggi X. È quanto sostiene un gruppo dell'Università di Leicester, che ha analizzato il fondo a raggi X osservato dal telescopio spaziale XMM-Newton dell'agenzia spaziale europea (ESA), evidenziando un debole segnale che varia nel corso dell'anno. Come riportato su «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society», secondo gli autori una plausibile origine di questo segnale sarebbe l'interazione fra assioni prodotti nel Sole e campo magnetico terrestre. Un risultato interessante, perché gli assioni sono fra le possibili particelle suggerite per spiegare la materia oscura.

Analizzando l'archivio di circa 15 anni di dati registrati da XMM-Netwon, il gruppo ha scoperto che osservando la regione del campo magnetico terrestre rivolta al Sole, il fondo a raggi X appare più intenso. Secondo il primo autore, George Fraser, tragicamente scomparso a marzo dopo aver inviato l'articolo alla rivista, il segnale potrebbe essere legato agli assioni. La teoria suggerisce che queste particelle siano prodotte nel Sole e interagiscano poco con la materia ordinaria, proprietà che le rendono ottimi candidati di materia oscura. Ma è ancora presto per cantare vittoria: il risultato di Leicester dovrà essere confermato da ricerche indipendenti.

Massimiliano Razzano

Sempre più vicini ai fermioni di Majorana

Nel 1937, il fisico italiano Ettore Majorana teorizzò l'esistenza di particelle che potevano essere di materia e antimateria allo stesso tempo, e che in seguito vennero chiamate appunto «fermioni di Majorana». Da quel momento ebbe inizio la caccia a particelle che potessero essere antiparticelle di se stesse, ma solo negli ultimi anni i fisici hanno impresso un'importante svolta a queste ricerche, giunte, almeno per il momento, al risultato pubblicato su «Science» da parte di un gruppo guidato da Ali Yazdani, della Princeton University.

Yadzani e collaboratori sono infatti riusciti per la prima volta a osservare forti indizi della presenza di fermioni di Majorana alle estremità di un cavo di materiale superconduttore, proprio come previsto nel 2000 dal lavoro teorico del fisico russo Alexei Kitaev, all'epoca in forza a Microsoft Research, la divisione di ricerca di Microsoft. Riprendendo lo studio di Kitaev e i risultati di un esperimento effettuato nel 2012 al Politecnico di Delft, che fornivano una parziale conferma di quella previsione, il gruppo diretto da Yadzani ha progettato un apparato sperimentale costituito da un cristallo ultrapuro di piombo, conosciuto per le sue proprietà di superconduzione (nei metalli superconduttori gli elettroni di conduzione fluiscono senza incontrare alcuna resistenza). Sulla superficie di questo cristallo di piombo i ricercatori hanno poi depositato una lunga catena di atomi di ferro, in modo da costituire un nanocavo di materiale magnetico che andava da un estremo all'altro del cristallo di piombo. Il tutto è stato infine raffreddato a una temperatura di appena un kelvin, proprio per evidenziare le caratteristiche di superconduttività.

In queste condizioni, grazie a un particolare microscopio elettronico a scansione a effetto tunnel, i ricercatori hanno rilevato agli estremi del nanocavo l'esistenza di «quasiparticelle» (che possono esistere solo all'interno del superconduttore) che mostravano le proprietà previste per i fermioni di Majorana. Una scoperta che apre la strada a importanti sviluppi nella codifica delle informazioni nei computer quantistici.

Emiliano Ricci

Tutte le comete di Beta Pictoris

Gli astronomi vanno a caccia di comete anche in altri sistemi planetari. Un gruppo diretto da Flavien Kiefer dell'Institut d'Astrophysique di Parigi ha studiato quasi 500 comete intorno a Beta Pictoris, una giovane stella a circa 63 anni luce da noi. Le osservazioni hanno mostrato che queste esocomete si dividono in due famiglie principali, una formata da oggetti più vecchi che hanno già effettuato varie orbite attorno alla stella e un'altra formata da corpi più giovani, nati forse dalla disintegrazione di un oggetto più grande.

La ricerca, pubblicata su «Nature», è il primo studio sistematico di un gran numero di esocomete, che aiuta a far luce sui meccanismi di formazione dei sistemi planetari.

Per studiare le comete, il gruppo ha sfruttato più di mille osservazioni effettuate fra il 2003 e il 2011 con il telescopio da 3,6 metri dell'ESO in Cile. Dalle variazioni di luce della stella gli astronomi hanno isolato 493 comete, determinandone alcuni parametri orbitali.

Le comete della prima famiglia producono poca polvere e gas e hanno orbite diverse, forse dovute ai passaggi attorno alla stella. Le altre invece hanno orbite simili che fanno pensare a un'origine comune, forse legata alla disintegrazione di un corpo i cui frammenti sono su un'orbita che lambisce la stella.

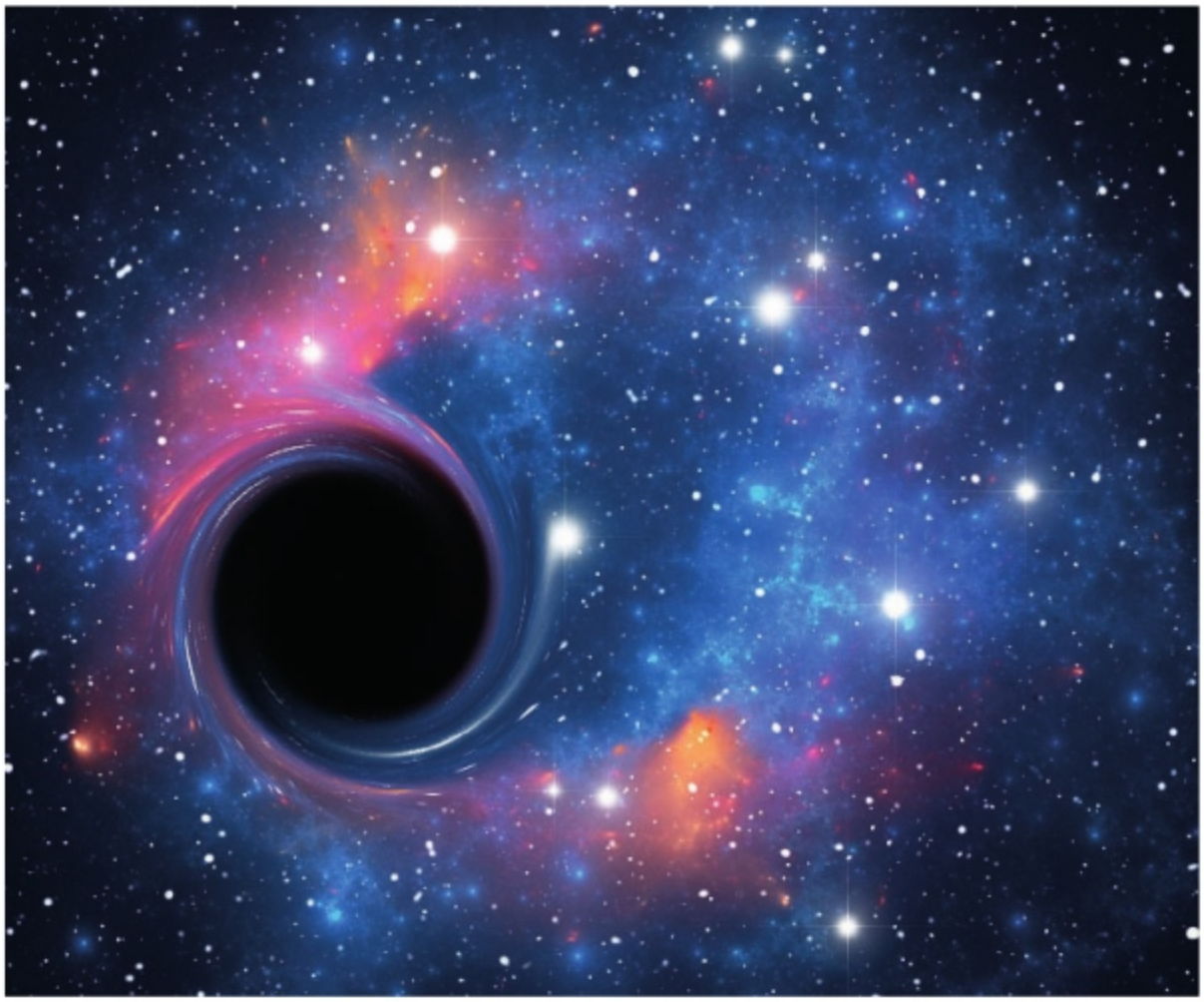
Massimiliano Razzano

Cortesia SOHO/NASA/ESA

FISICA

La radiazione di Hawking in laboratorio

Un analogo acustico di un buco nero ha prodotto l'emissione prevista dallo scienziato britannico



Pasieka/Science Photo Library/Corbis

Osservata per la prima volta la radiazione di Hawking in un analogo sperimentale di un buco nero. A ottenere questo risultato è stato il fisico Jeff Steinhauer, del Technion–Israel Institute of Technology di Haifa, che ha illustrato il suo esperimento su «Nature Physics».

Il meccanismo di emissione di radiazione da parte di un buco nero, descritto dal punto di vista teorico per la prima volta nel 1974 da Stephen Hawking, prevede che in prossimità di un buco nero, dove il campo gravitazionale è molto intenso, le fluttuazioni quantistiche di energia del vuoto possano produrre coppie composte da una particella e un'antiparticella. Se nel brevissimo intervallo di tempo della loro esistenza, una di queste, a energia negativa, cade oltre l'orizzonte degli eventi (una superficie sferica immaginaria attorno a un buco nero superata la quale nulla può tornare indietro, nemmeno la luce), l'altra, a energia positiva, resta libera di allontanarsi. La radiazione prevista da Hawking è appunto composta da fotoni e particelle superstiti.

La teoria afferma inoltre che questa radiazione è debole al punto da renderne impossibile l'osservazione con gli attuali strumenti astrofisici. Tuttavia, basandosi sulla dimostrazione del canadese William Unruh, che nel 1981 mostrò che il meccanismo di Hawking può verificarsi anche nel caso della propagazione di onde sonore in particolari superfluidi, Steinhauer ha ricreato in laboratorio l'analogo acustico di un buco nero elettricamente carico. Il ricercatore dell'istituto israeliano ha usato un gas di atomi di rubidio tenuto alla temperatura di pochi milionesimi di kelvin sopra lo zero assoluto.

Oltre all'orizzonte degli eventi, un buco nero carico ha un orizzonte interno, detto di Cauchy, molto più vicino al suo centro. Grazie al fatto che lo spazio compreso fra i due orizzonti si comporta come cavità risonante per le particelle di energia negativa in caduta, si verifica l'emissione stimolata di radiazione di Hawking, come accade in un laser (da cui il nome di *black hole laser*).

È stato grazie a questo effetto di amplificazione dell'emissione che Steinhauer ha potuto fornire la prima conferma sperimentale dell'analogo acustico della radiazione di Hawking.

Emiliano Ricci

Il segreto delle espulsioni solari

Le emissioni di massa coronale (CME, da *coronal mass ejection*) sono enormi espulsioni di materia – elettroni, protoni, ma anche nuclei più pesanti come elio e ossigeno – provenienti dalla corona solare, lo strato più esterno dell'atmosfera del Sole. Dato che quelle più energetiche che arrivano sulla Terra possono danneggiare satelliti e sistemi di comunicazione, è importante riuscire a prevederle per limitarne i danni.
Uno studio pubblicato su «Nature» da un gruppo di ricerca guidato da Tahar Amari, dell'École Polytechnique e CNRS francese, fornisce nuovi indizi sul meccanismo di eruzione, collegato all'attività del campo magnetico alla superficie del Sole. Grazie ai dati raccolti dal satellite Hinode della NASA, Amari e colleghi hanno scoperto che a governare queste emissioni sono strutture caratteristiche del campo magnetico solare: le «corde attorcigliate di flusso magnetico». La loro formazione e conseguente compressione, tipicamente un giorno prima dell'eruzione, sono un segnale premonitore del fatto che l'energia magnetica ha raggiunto livelli troppo alti e che l'emissione di massa, a cui fornisce energia il meccanismo di riconnessione delle linee di campo magnetico che formavano il flusso, è imminente. La meteorologia spaziale segna un ulteriore passo avanti.

Emiliano Ricci

BIOLOGIA

Un orologio corporeo pervasivo

I ritmi circadiani hanno un influsso più profondo di quanto si pensasse sul metabolismo

L'orologio circadiano non scandisce solo i ritmi più evidenti dell'organismo, come il ciclo sonno-veglia o il saliscendi della temperatura: ha anche un influsso pervasivo sul metabolismo. Nel topo l'attività di quasi metà dei geni sale e scende lungo un ciclo di 24 ore in almeno un tessuto, e lo stesso accade a molti RNA non codificanti.

John Hogenesch, specialista del settore all'Università della Pennsylvania a Philadelphia, lo mostra sui «Proceedings of the National Academy of Sciences». Il suo gruppo ha esaminato come varia nell'arco della giornata, in 12 organi di topo, l'espressione di 20.000 geni che codificano per proteine, e di un altro migliaio di RNA non tradotti in proteine presenti anche nell'uomo. Hogenesch ha constatato che il 43 per cento dei geni e il 32 per cento degli RNA non tradotti oscilla in uno o in alcuni organi. Solo dieci geni oscillano in tutti gli organi esaminati: per lo più sono geni già noti come responsabili del funzionamento dell'orologio circadiano. La gran parte tocca il picco all'alba o al crepuscolo, confermando il ruolo chiave dell'alternanza veglia-riposo. Uno studio così approfondito non era mai stato condotto nei mammiferi, e un effetto così profondo ha sorpreso gli scienziati.

In un importante risvolto pratico, Hogenesch ha verificato che oltre metà dei 100 farmaci più usati negli Stati Uniti, come anche farmaci essenziali secondo l'Organizzazione mondiale della Sanità, agisce su prodotti dei geni ritmici. E dato che molti hanno una vita media di poche ore, l'ora di assunzione potrebbe condizionarne efficacia e tossicità; una questione nota da tempo, ma che merita ora indagini approfondite. Lo stesso vale in fase di sperimentazione, quando la differenza negli orari di assunzione potrebbe spiegare parte della variabilità individuale degli effetti, e persino nella ricerca di base: gli studi sui topi sono fatti di norma di giorno, e anche questo potrebbe condizionarne i risultati.

Giovanni Sabato

James Lightbown/London, 2014/Corbis (*orologio*); Claus Meyer/Minden Pictures/Corbis (*ragni*)

Osservata per la prima volta la selezione di gruppo

Negli ultimi decenni, uno dei più accesi dibattiti in biologia evoluzionistica si è incentrato sull'unità di selezione, ovvero sull'entità ecologica su cui agisce la selezione naturale. Questa forza agisce sui singoli individui, dato che sono loro a riprodursi e a tramandare i propri caratteri alle generazioni future, ma è stato anche proposto che in alcuni contesti la selezione naturale potrebbe favorire l'estinzione o la proliferazione di interi gruppi, anche a scapito degli individui. Ma sebbene la teoria della selezione di gruppo possa spiegare alcuni comportamenti sociali complessi, come l'altruismo in assenza di vincoli di parentela o di vantaggi reciproci, questa idea non ha mai trovato riscontro empirico. Almeno fino a oggi. Dopo decenni di ipotesi, uno studio su «Nature» sembrerebbe portare la prima verifica dell'esistenza della selezione di gruppo in natura.

La ricerca ha riguardato diverse popolazioni del ragno *Anelosimus studiosus*, che forma densi gruppi sociali, la cui dimensione e composizione variano enormemente tra ambienti diversi. In seguito alla manipolazione di numerosità e proporzione tra individui aggressivi e docili di diverse colonie, solo i gruppi che in poche generazioni hanno ricreato i rapporti iniziali sono sopravvissuti. Inoltre, quando le colonie venivano spostate dal luogo in cui si erano evolute ripristinavano la composizione originaria, a prescindere dalle nuove condizioni. Dimensione e composizione della colonia sembrano quindi tratti ereditabili frutto di adattamento locale che, indipendentemente dal successo dei singoli, promuovono la sopravvivenza del gruppo.

Le implicazioni sono molteplici, a partire dalla possibilità di un aggiornamento della teoria dell'evoluzione che faccia riferimento all'azione della selezione naturale su più livelli, ma ora è necessario capire quanto questo fenomeno sia generale.

Andrea Romano

METEOROLOGIA

Tornado, come stanno cambiando?

Rispetto al passato, questi fenomeni ora tendono a manifestarsi in gruppo anziché isolati

I tornado sono colonne d'aria che girano vorticosamente su se stesse e si formano sotto specifiche condizioni di instabilità atmosferica. Si estendono dalla base di nubi temporalesche fino al suolo, e tendono a distruggere quanto trovano sul loro tragitto. Si tratta di fenomeni che avvengono principalmente in alcune zone degli Stati Uniti. Un analogo meno violento è rappresentato dalle trombe d'aria che si manifestano talvolta anche in Italia.

Considerazioni energetiche portano a pensare che in un mondo più caldo alcuni fenomeni come i temporali violenti possano aumentare di numero e intensità, ma quante di queste nubi convettive giungano a formare tornado non è dato saperlo. Così, è importante studiare eventuali segnali di cambiamento nel recente passato. Ebbene, Harold Brooks e colleghi, del Centro per lo studio dei temporali forti della statunitense National Oceanic and Atmospheric Administration, hanno pubblicato un articolo su «Science» in cui analizzano la serie di osservazioni di tornado a partire dalla metà del secolo scorso.

Escludendo quelli più deboli, il loro lavoro ha confermato che il numero annuale di tornado è rimasto costante in tutto il periodo analizzato. Ma a partire dagli anni settanta ne è cambiata la distribuzione temporale. In particolare, sono diminuiti i giorni per anno in cui si sono avuti tornado, da 150 a circa 100, ma nel contempo è aumentato il numero di tornado per ogni giorno. In sostanza, quando ci sono le condizioni per lo sviluppo di tornado, oggi c'è una maggiore probabilità che si manifestino a «grappoli» anziché isolati.

Ciò significa che i giorni in cui si verificano tornado si presentano oggi come molto più distruttivi di quelli che si sono avuti fino a qualche decennio fa. Studi specifici sono in corso per capire se questa tendenza sia destinata a confermarsi anche nel prossimo futuro.

Antonello Pasini

Jim Edds/Corbis

ECOLOGIA

Effetto a catena nella savana

L'assenza dei predatori modifica le abitudini degli erbivori e la composizione dell'ecosistema

Che cosa accade in un ecosistema quando vengono improvvisamente a mancare i predatori? I modelli teorici in ecologia prevedono che l'assenza delle specie di vertice delle catene alimentari possa portare a conseguenze importanti su tutti i livelli della piramide ecologica fino ai produttori primari, ovvero le piante. Tuttavia, molto più complicato è dimostrare in modo sperimentale questa consolidata regola teorica in un contesto naturale.

Grazie a una serie di esperimenti di manipolazione delle condizioni ambientali effettuati in una riserva naturale del Kenya, uno studio su «Science» è riuscito in questo compito, mostrando le modalità mediante cui il declino dei grandi carnivori porta, anche in breve tempo, alla modificazione della composizione dell'intera comunità ecologica. Nelle aree prive di leopardi (*Panthera pardus*) e licaoni (*Lycaon pictus*), i principali predatori dell'impala (*Aepyceros melampus*), si osserva un incremento di questa specie erbivora, accompagnata da un notevole cambiamento del suo uso dell'habitat e del suo consumo delle risorse vegetali. In assenza dei predatori, infatti, gli impala sfruttano maggiormente gli ambienti di boscaglia, in cui gli agguati ai loro danni sono più frequenti e in cui abbondano le piante senza spine che vengono predilette dagli erbivori. L'effetto complessivo di questa reazione a catena ecologica *top-down*, cioè dall'alto verso il basso, è l'alterazione della composizione della vegetazione, con la riduzione delle piante prive di difese e l'incremento di quelle spinose, con ovvie conseguenze sulle comunità di insetti, uccelli e altri vertebrati che vivono in quelle stesse aree.

La ricerca mostra quindi le possibili conseguenze inaspettate e a lungo termine della pressione antropica sulla biodiversità e fornisce strumenti utili anche negli altri contesti ambientali in cui i grandi carnivori sono in declino demografico, a causa sia della caccia sia della continua erosione del loro habitat naturale: una situazione purtroppo diffusa in tutti gli ecosistemi mondiali.

Andrea Romano

Agli albori della copulazione

Circa 385 milioni di anni fa, un pesce ormai estinto che nuotava in laghi delle attuali Scozia, Estonia e Cina sperimentò quello che potrebbe essere considerato il primo rapporto sessuale della storia o, più precisamente, l'archetipo della fecondazione interna tra animali. Lo racconta su «Nature» il paleontologo australiano John Long, della Flinders University ad Adelaide, grazie a uno studio anatomico sui fossili di placodermi *Microbrachius*, pesci ossei che hanno popolato le acque del pianeta per 70 milioni di anni. Nell'intricato albero genealogico degli organismi viventi, i placodermi si trovano tra i primi esemplari dei cosiddetti gnatostomi, la famiglia, o più correttamente l'*infraphylum*, di vertebrati dotati di mandibola di cui fa parte anche il genere umano.

In base alle scoperte dei paleontologi, prima della comparsa di *Microbrachius dicki* l'accoppiamento tra i pesci avveniva solo «esternamente», e le uova erano liberate nell'acqua per essere fecondate (meccanismo che si è comunque conservato fino alle specie ittiche attuali). Invece, secondo la ricostruzione del gruppo di ricerca guidato da Long, *M. dicki* presentava alla base della coda due appendici laterali simili a pinne, che erano utilizzate come organo sessuale per la riproduzione. La fecondazione avveniva grazie a particolari movimenti laterali dei due pesci che permettevano al pene rudimentale di inserirsi tra le placche ossee del ventre della femmina: questa tipica struttura ossea consentiva di mantenere nella giusta posizione l'organo genitale maschile per tutta la durata dell'atto sessuale. Secondo gli autori dello studio, la scoperta è importante perché dimostra che la fecondazione interna è apparsa diversi milioni di anni prima rispetto a quello che pensavano i paleontologi, erroneamente condizionati dalla mancanza di prove fossili per un lungo arco di tempo. Dopo l'estinzione di *Microbrachius* infatti, avvenuta circa 360 milioni di anni fa, all'inizio del Carbonifero, i pesci persero le appendici sessuali esterne, che riapparvero solo alcuni milioni di anni dopo tra gli antenati di razze e squali moderni.

Mattia Maccarone

2/Heinrich van den Berg/Ocean/Corbis (*impala*); cortesia Dr Brian Choo, Flinders University (*illustrazione accoppiamento*)

MOSQUITO.

Hai mai visto un negozio lungo quanto l'Italia?

Forse non lo sapete, ma tra la Vetta d'Italia in Alto Adige e Punta Pesce Spada a Lampedusa ci sono 1.291 chilometri. E, in mezzo, tanti piccoli e grandi tesori che rendono unico il nostro paese. Potete scoprirli tutti i giorni negli oltre 2.000 punti vendita Crai di tutt'Italia.

CRAI

NEL CUORE DELL'ITALIA

I geni associati al consumo di caffè

Ricercatori della Harvard School of Public Health hanno scoperto che le differenze individuali nel consumo di caffeina sono scritte nel DNA. Se in alcune persone una tazza di caffè provoca insonnia, ansia, nervosismo o mal di stomaco, mentre in altre non ha effetto, la causa sarebbe da cercare in sei regioni specifiche, o loci, del genoma. I risultati sono stati pubblicati sul «Molecular Psychiatry». Marilyn Cornelis e colleghi hanno effettuato un'analisi sul genoma di 120.000 consumatori di caffè di origine europea, africana o americana e hanno così identificato sei regioni del DNA associate al consumo abituale di caffè. Gli scienziati spiegano che i geni *Por* e *Abcg2* sono coinvolti nel metabolismo della caffeina, mentre due loci vicini ai geni *Bdnf* e *Slc6a4* sono legati agli effetti gratificanti della bevanda. Infine due regioni localizzate vicino ai geni *Gckr* e *Mlxipl* che sono coinvolti nel metabolismo del glucosio e dei lipidi. Questi ultimi due loci non erano mai stati associati al metabolismo della caffeina o agli effetti neurologici del caffè negli esseri umani. Gli autori dello studio ritengono che il legame tra profilo genetico delle persone e reazioni alla caffeina possano essere utili per minimizzare i rischi per la salute associati al consumo di caffè. (EnPr)

Trial clinici più trasparenti in Europa

L'Agenzia europea per i medicinali (EMA) ha approvato una nuova misura per rendere pubblici i dati dei trial clinici. Dal 1° gennaio 2015 le case farmaceutiche che chiedono l'autorizzazione al commercio di un nuovo farmaco o vaccino saranno obbligate a fornire i dati degli studi effettuati per testare la nuova molecola. L'agenzia li pubblicherà solo dopo aver preso una decisione sul farmaco stesso. In questo modo ricercatori o terze parti potranno controllarli o usarli per effettuare ricerche ulteriori. L'EMA è la prima istituzione ad adottare una politica di questo tipo, richiesta da anni da gruppi di pazienti e associazioni per la trasparenza della ricerca. Gli studi clinici pubblicati su riviste scientifiche si limitano infatti a riportare un resoconto delle ricerche ma senza fornire informazioni complete e dettagliate su sicurezza, efficacia o effetti collaterali del farmaco testato.

Restano però ancora aree grigie: in alcuni casi le case farmaceutiche potranno evitare di fornire i dati grezzi. Per esempio potranno pubblicare riassunti o escludere informazioni di valore commerciale che non intendono fornire ai concorrenti. Le nuove misure fanno parte di un piano europeo di lungo termine per aumentare la trasparenza nel settore farmaceutico, inclusi i dati sui singoli pazienti. (AlDe)

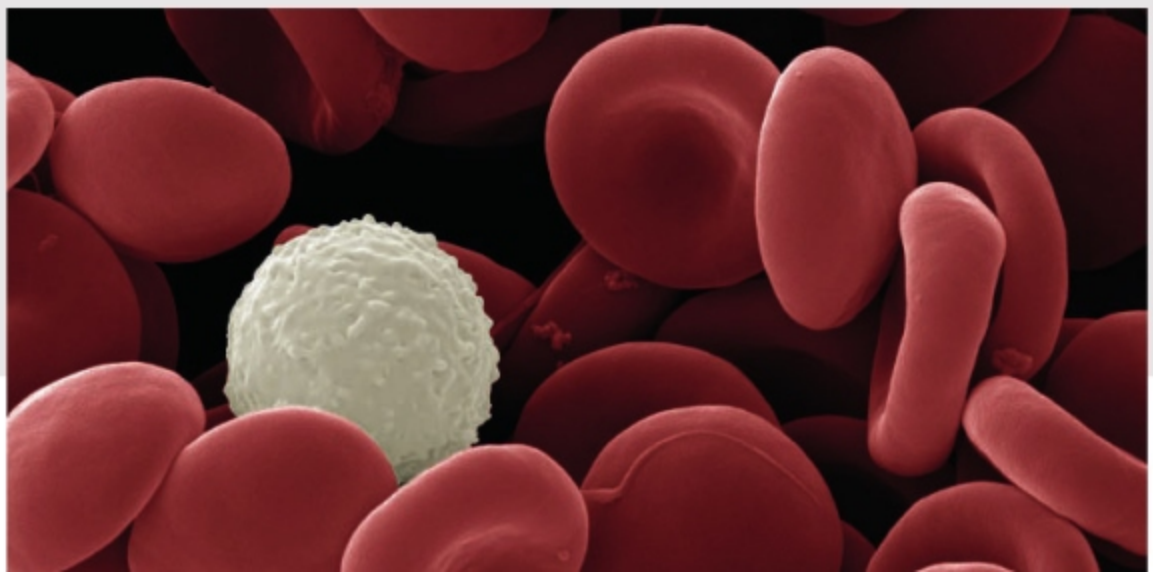
Anche i rettili imitano

L'apprendimento per imitazione è stato a lungo considerato esclusivo di esseri umani e scimmie antropomorfe. Ora però uno studio pubblicato su «Animal Cognition» da Anna Wilkinson, dell'Università di Lincoln, e colleghi fornisce la prima prova sperimentale secondo cui anche i rettili sono capaci di «imitazione vera». Pappagalli, cetacei e perfino polpi possono emulare, cioè imitare un comportamento, ma in genere non ne comprendono le motivazioni.

Grazie a un semplice esperimento, gli scienziati hanno testato l'imitazione vera nel drago barbuto, una grande lucertola australiana. Un esemplare addestrato come «dimostratore» apriva una porta che copriva un foro in una tavola ottenendo in premio alcune larve. La porta poteva essere spostata a destra o a sinistra lungo guide. Tutti gli otto esemplari sperimentali hanno aperto con successo la porta scorrevole, dallo stesso lato osservato. Nessun esemplare del gruppo di controllo, invece, vi è riuscito. (EuMe)

Un altro scenario per il rinnovo delle cellule del sangue

Un gruppo di ricercatori della Harvard University ha elaborato un'innovativa tecnica di marcatura per osservare via via il modo in cui le cellule del midollo osseo si moltiplicano e si differenziano in globuli rossi, bianchi e piastrine. Lo studio, pubblicato su «Nature» da Jianlong Sun e colleghi, ha rivelato che in topi adulti sani il maggior contributo al rinnovo cellulare non è dato dalle staminali ematopoietiche, come si era creduto finora, ma da un gruppo di cellule già in parte differenziate e relativamente abbondanti dette «progenitrici multipotenti» (MPP). Le precedenti ricerche non avevano permesso di comprendere l'importanza delle MPP perché erano state sempre effettuate su porzioni di midollo osseo trapiantato, una condizione in cui, sempre secondo i nuovi risultati, le staminali ematopoietiche assumerebbero il controllo del processo, mentre in condizioni fisiologiche si dividono di rado e costituiscono una riserva per lo più inerte. La scoperta fa delle cellule MPP un nuovo promettente obiettivo per la medicina rigenerativa. Inoltre la tecnica di marcatura messa a punto da Sun e colleghi, basata su elementi mobili del DNA detti trasposoni, potrà essere ottimizzata anche per altri scopi, come lo studio della neurogenesi o dello sviluppo tumorale. (ElDeAg)



Matjaz Presern/Shutterstock (*caffè*); David A. Northcott/Corbis (*draghi barbuti*); David Spears FRPS FRMS/Corbis (*cellule del sangue*)

Il segreto di Yanartas

L'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia (INGV) ha risolto il mistero delle fiamme che escono da decine di spaccature nelle rocce, nella località turca di Yanartas. A bruciare è metano, ma la geologia locale porta a escludere che sia di origine biologica o fossile. In realtà il metano si può formare anche per via abiotica, dalla reazione della roccia vulcanica periodite con acqua, ma questo richiede temperature superiori a 200 gradi, non presenti nel sottosuolo di Yanartas.

A risolvere l'enigma è stato Giuseppe Etiope, dell'INGV di Roma, il quale, come riportato su «Geofluids», ha scoperto che in presenza di rutenio, elemento raro ma relativamente abbondante a Yanartas e con un ruolo di catalizzatore, la formazione di metano abiotico può avvenire a temperature inferiori a 100 gradi. Etiope ha scoperto altre cinque zone del mondo in cui si libera metano abiotico, una risorsa che si è rivelata meno rara di quanto pensato e che potrebbe essere economicamente interessante. (AlSa)

Una nuova riforma per la ricerca cinese

La Cina punta sempre più al ruolo di potenza scientifica globale. Il governo ha annunciato una ristrutturazione profonda delle istituzioni che gestiscono i finanziamenti alla ricerca. L'obiettivo è rendere la scienza cinese ancora più competitiva e favorire le ricadute industriali, che oggi non tengono il passo della crescita esponenziale degli enormi investimenti in ricerca.

L'Accademia delle scienze cinese, struttura che impiega 60.000 persone e conta su un budget di circa cinque miliardi di euro, va controcorrente: in futuro la percentuale di stipendio legata ai fondi competitivi si abbasserà per lasciare più spazio ai fondi di ricerca fissi e quindi ridurre il tempo impiegato dagli scienziati per scrivere progetti di ricerca e *grant* che oggi rappresentano fino al 70 per cento del loro reddito.

Inoltre si cerca di favorire la ricerca collaborativa, raggruppando i settori scientifici in quattro macroaree: ricerca di base, applicazioni commerciali e industriali, ricerca su vasta scala e sviluppo locale e sostenibilità. Un anno fa era stato lo stesso presidente Xi Jinping a chiedere un cambiamento di questa istituzione. Inoltre il governo cinese ha annunciato che i fondi per la ricerca controllati dal Ministero della scienza e tecnologia (altri 3 miliardi di euro) verranno affidati a un'agenzia indipendente. (AlDe)

La pessima salute dei senzatetto

In Europa ci sono 400.000 senzatetto, e 600.000 vivono negli Stati Uniti, cifre in continua crescita da quando è iniziata la crisi economico-finanziaria globale. Sulla salute di questi emarginati «The Lancet» ha pubblicato un lungo studio in due parti coordinato da Seena Fazel, psichiatra forense all'Università di Oxford, il quale sintetizza così i risultati: «Nelle nostre società i senzatetto sono la fascia con la salute peggiore, con tassi preoccupanti non solo di abuso di alcolici e droghe, ma anche di malattie infettive, cardiocircolatorie, mentali e condizioni croniche legate all'invecchiamento». In particolare la prevalenza di tubercolosi in questo gruppo sociale è 20 volte quella media della popolazione, depressione e psicosi sono sette volte più diffuse, suicidi e lesioni da violenza sono cinque volte più diffusi. Complessivamente un *homeless* rischia una morte prematura da due a cinque volte più di un suo coetaneo medio. E visto che queste persone non hanno un medico di base, ma arrivano nelle strutture sanitarie solo quando stanno molto male, restandovi, in mancanza di alloggio, più a lungo della media, la loro cattiva salute è anche un notevole peso per i sistemi sanitari. Per queste ragioni, conclude lo studio, i governi dovrebbero fare di più per aiutarli, svolgendo azioni preventive per la tutela della loro salute. (AlSa)

Jens Kalaene/dpa/Corbis (*Yanartas*); Jody Watt/ /Design Pics/Corbis (*squwid*); Iakovos Hatzistavrou/Pacific Press/NurPhoto/NurPhoto/Corbis (*senzatetto*)

All'origine dei denti

L'invenzione di mandibole e denti ha permesso ai primi pesci di nutrirsi di organismi macroscopici, ed è ritenuta decisiva per il successo dei vertebrati. Ma come sia scaturita è ancora argomento di dibattito, soprattutto per i denti.
L'ipotesi classica è che derivino dalle scaglie placoidi, dentelli presenti del derma dei pesci, che nell'evoluzione si sono estese alla cavità orale e qui trasformate in denti. Di recente però ha preso piede una visione alternativa dei denti come invenzione *ex novo*, comparsa indipendentemente in diverse

linee di vertebrati, senza nessi con le scaglie.
Non è così, afferma su «Evolution & Development» Philip Donoghue, dell'Università di Bristol: le osservazioni paleontologiche e dello sviluppo escludono la nuova ipotesi e avvalorano la vecchia. Sembrava per esempio che i denti avessero un'origine embrionale distinta dalle scaglie, richiedendo l'intervento dell'endoderma; o che strutture simil-dentali siano comparse nei fossili prima delle scaglie placoidi. Ma un riesame smonta queste conclusioni. Nell'embrione i denti si formano da un mix di tessuti, sfumando la distinzione dalle scaglie, e nei fossili sembrano comparsi tardi, una sola volta, senza nessi con le strutture simili precedenti. (GiSa)

L'equazione dell'inclusione

Scienza e tecnologia sono le principali forze motrici della prosperità sociale. Ma chi riesce ad arrivare al posto di guida?

di Fred Guterl

NEGLI ULTIMI ANNI, LA COLLABORAZIONE è stata un tema ricorrente nei discorsi su scienza e tecnologia. La vita intellettuale è sempre più transnazionale, e spazia fra centri d'eccellenza sparsi in tutti i continenti, ampiamente e rapidamente collegati tra loro. Già due volte abbiamo dedicato il nostro rapporto sullo Stato della scienza nel mondo al tema della collaborazione, centrandolo l'anno scorso sull'innovazione e quello prima sulla ricerca di base. Oggi ci torniamo ancora, ma dal punto di vista dei singoli.

La parola «diversità» è diventata sinonimo di un grande impegno a rimodellare la società in modo da includere tutti – non solo i privilegiati – nella politica, nella cultura e nella ricerca della felicità.

Questa ambizione va però al di là della portata del nostro rapporto: siamo rimasti nel campo della scienza e delle sue attività. E, poiché preferiamo partire dai dati, abbiamo colto l'occasione per concentrarci sulle basi empiriche della diversità, che spesso finiscono per perdersi nel dibattito più ampio.

Illustrazioni di Edel Rodriguez

E dai dati emerge che la diversità è al cuore di ciò che serve per fare ricerca e innovazione con efficacia. Nella letteratura scientifica è chiaro che la diversità influenza direttamente la qualità e il successo dei gruppi di lavoro. Come spiega Katherine W. Phillips a p. 40, quando dobbiamo lavorare con persone diverse da noi tendiamo a prepararci meglio e più a fondo per difendere le nostre ragioni, e il nostro lavoro ne guadagna. La diversità fa bene ai gruppi di lavoro proprio perché noi reagiamo in modo diverso a chi è diverso da noi. Se l'obiettivo finale è l'eccellenza, la diversità è un ingrediente essenziale.

Perché la diversità funzioni serve l'ambiente di lavoro giusto. Un singolo ha bisogno di esercitare uno sforzo cosciente per individuare e superare i propri pregiudizi inconsci. Le organizzazioni hanno bisogno di processi e procedure e di un'etica condivisa di accettazione. A p. 50 Victoria Plaut fa osservare che i gruppi che abbandonano una politica di indifferenza formale al colore della pelle per abbracciare la diversità fra i loro membri, senza però incasellarli e cedere agli stereotipi, tendono a essere quelli che sfruttano meglio ciò che può offrire la diversità.

Ovviamente non abbiamo affrontato la diversità solo come valore utilitario. La scienza impone l'abitudine a cercare le idee migliori in gruppi di persone diverse fra loro, e ciò dà a scienziati e ingegneri l'opportunità di essere all'avanguardia del cambiamento culturale. Perciò abbiamo arricchito queste pagine con i contributi di alcune persone straordinarie che stanno accettando con entusiasmo questa sfida.

Ci sarebbe piaciuto presentarvi in queste pagine un «indice della diversità», una misura in grado di descrivere come se la stanno cavando i vari paesi nel reclutare il proprio personale scientifico e tecnologico; ma questa al momento appare una pretesa eccessiva. Un passo positivo in questa direzione è stato compiuto da due delle spocietà tecnologiche più visibili del mondo, Google e Apple, che hanno diffuso da poco i dati sulla diversità, o la sua mancanza, nelle loro sedi di lavoro. Ma non è che una goccia di dati dove ce ne vorrebbe un secchio. Nel complesso le informazioni scarseggiano, per parecchie ragioni.

Anzitutto non è facile definire in modo coerente l'identità razziale ed etnica. Un censimento delle Nazioni Unite ha trovato che due terzi dei paesi del mondo classificano la propria popolazione secondo queste categorie, ma usando un intero caleidoscopio di termini; razza, origine etnica, nazionalità, ascendenza tribale, aborigena e così via. Molti paesi censiscono poveri e svantaggiati, ma il significato di queste categorie cambia da un luogo all'altro. La disabilità è ancora più difficile da definire con precisione. Il genere è più facile da definire (benché anche in questo caso non manchino le ambiguità), ma poche delle informazioni che vengono raccolte riguardano specificamente chi lavora in settori legati alla scienza. «Non esistono dati completi e confrontabili a livello internazionale sugli addetti a scienza e ingegneria nel mondo», dice la National Science Foundation nel suo ultimo rapporto, *Science and Engineering Indicators 2014*. Tuttavia, da quello che si sa per ora risulta comunque chiaro che si può fare di meglio.

Di conseguenza siamo convinti che la raccolta di dati dovrebbe essere fra le massime priorità. Gli scienziati si vantano di essere obiettivi, ma le esperienze personali e i punti di vista dei singoli individui contano molto nella definizione delle domande da porre e di come i ricercatori dovrebbero trovare le risposte. Le persone che lavorano nella scienza e nella tecnologia sono alla guida del più decisivo motore di prosperità e nuove idee nel mondo. Ma chi sono queste persone? ■

I DATI DISPONIBILI

Dove sono i numeri?

I dati sulla diversità globale in scienza e tecnologia sono difficili da raccogliere, ma quel che sappiamo non è lusinghiero

Negli ultimi anni il numero degli addetti alla ricerca scientifica è cresciuto moltissimo. La Cina riferisce di aver triplicato il numero dei ricercatori tra il 1995 e il 2008, e tuttora la crescita è forte; la Corea del Sud ha raddoppiato il numero dei ricercatori tra il 1995 e il 2006 e l'aumento continua. Persino Stati Uniti ed Europa hanno comunicato un incremento. Negli Stati Uniti gli addetti alla ricerca sono aumentati del 35 per cento tra il 1995 e il 2007, e in Europa del 65 per cento dal 1995 al 2010. Fanno eccezione il Giappone, dove il numero è rimasto uguale, e la Russia, in calo. Se si parla di diversità, però, abbiamo solo qualche istantanea. Ecco le migliori.

PER APPROFONDIRE

National Science Board. Science and Engineering Indicators 2014. National Science Foundation, 2014. **www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/home.**

A Picture of the UK Scientific Workforce: Diversity Data Analysis for the Royal Society. The Royal Society, 2014. **https://royalsociety.org/policy/projects/leading-way-diversity/uk-scientific-workforce-report.**

National Science Foundation's Women, Minorities, and Persons with Disabilities in Science and Engineering: **http://nsf.gov/statistics/wmpd/2013.**

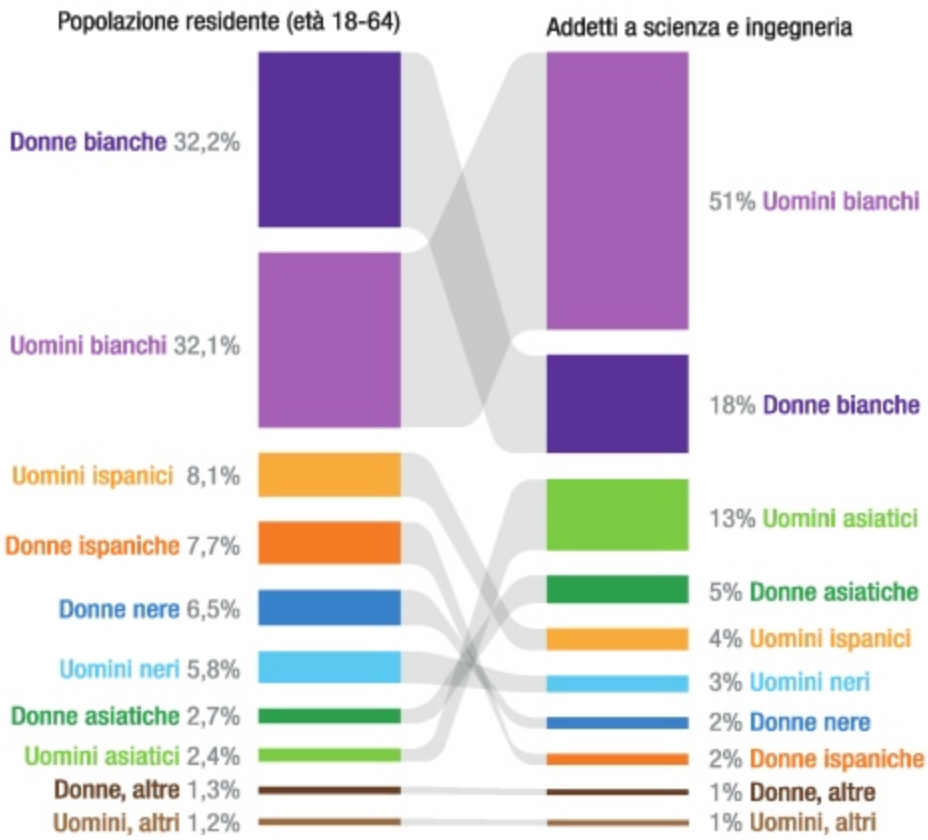
UNESCO Institute for Statistics's Women in Science report: **www.uis.unesco.org/ScienceTechnology/Pages/women-in-scienceleaky-pipeline-data-viz.aspx.**

Fonti: National Center for Science and Engineering Statistics. *Women, Minorities, and Persons with Disabilities in Science and Engineering, 2013*, National Science Foundation, 2013 (*demografia, addetti e disabilità, Stati Uniti*); Statistics South Africa, 2012. *Census 2011: Census in Brief* (*demografia, Sudafrica*); Center for Science, Technology and Innovation Indicators and Human Sciences Research Council, marzo 2014, *South African National Survey of Research and Experimental Development: Statistical Report 2011/12* (*addetti, Sudafrica*). Women in Science, Unesco Institute for Statistics (*genere*); TBR, *Leading the Way: Increasing the Diversity of the Science Workforce: Project Two: Exploring the Impact of Socio-Economic Background on Careers in Science*, The Royal Society, 2013 (*dati socio-economici*).

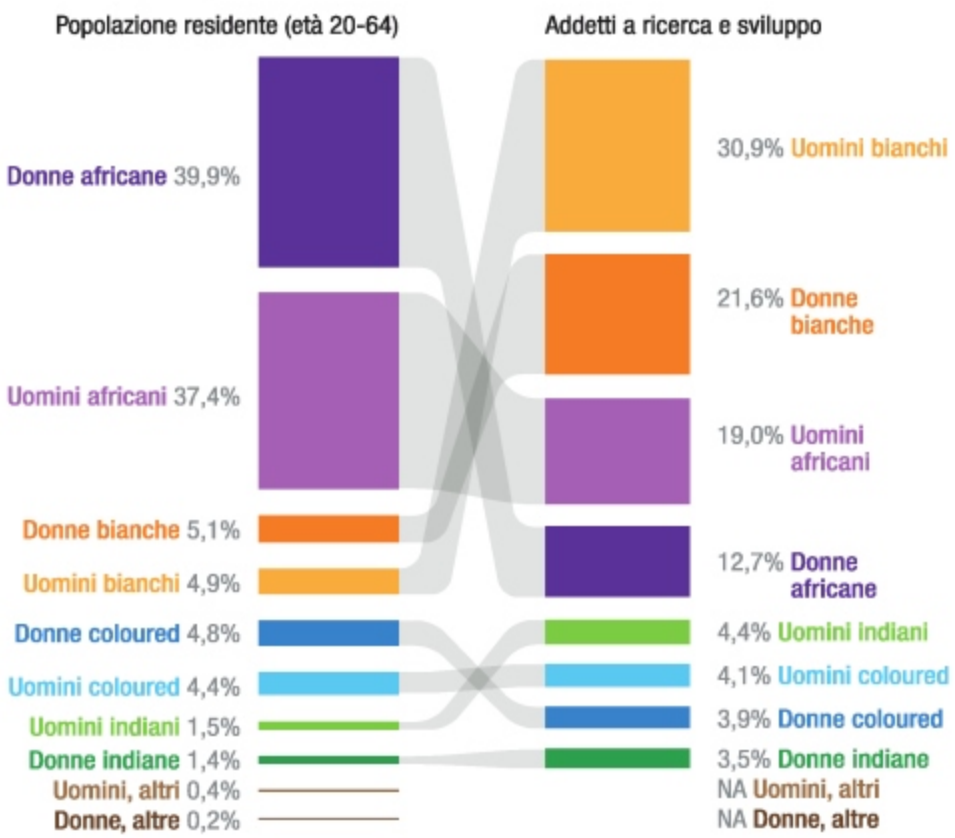
Grafica di Jen Christiansen, ricerca di Amanda Hobbs

Razza e gruppo etnico. La maggior parte dei questionari dei censimenti raggruppa la popolazione per nazionalità o gruppo etnico. Le relative definizioni variano però molto da un paese all'altro. (Il Sudafrica, per esempio, mette le persone di razza mista nella categoria *coloured*). Inoltre di solito queste informazioni sono disponibili, quando lo sono, nel quadro di indagini demografiche più vaste, non di indagini dedicate direttamente all'istruzione o all'occupazione in scienza e ingegneria. Alcuni paesi effettuano rilevazioni sulla presenza delle minoranze nei campi legati alla scienza.

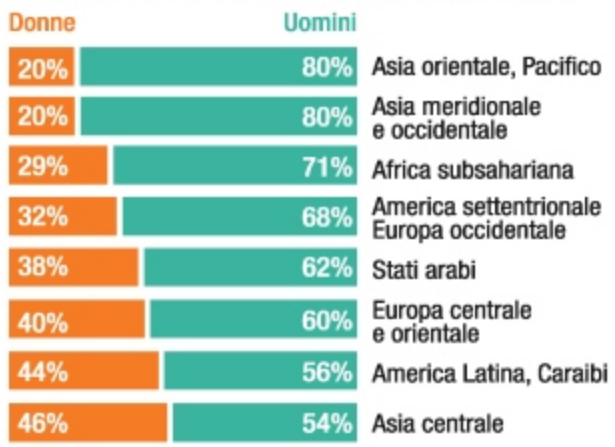
Stati Uniti (2010)



Sudafrica (2011)

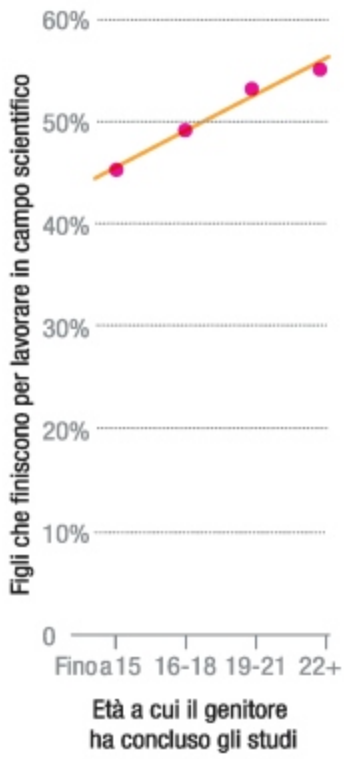


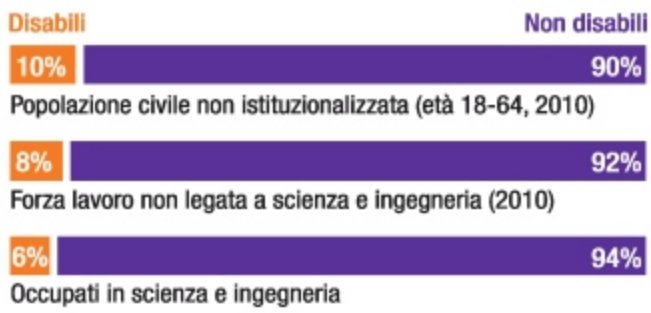
Addetti alla ricerca (2010, o dati più recenti disponibili)



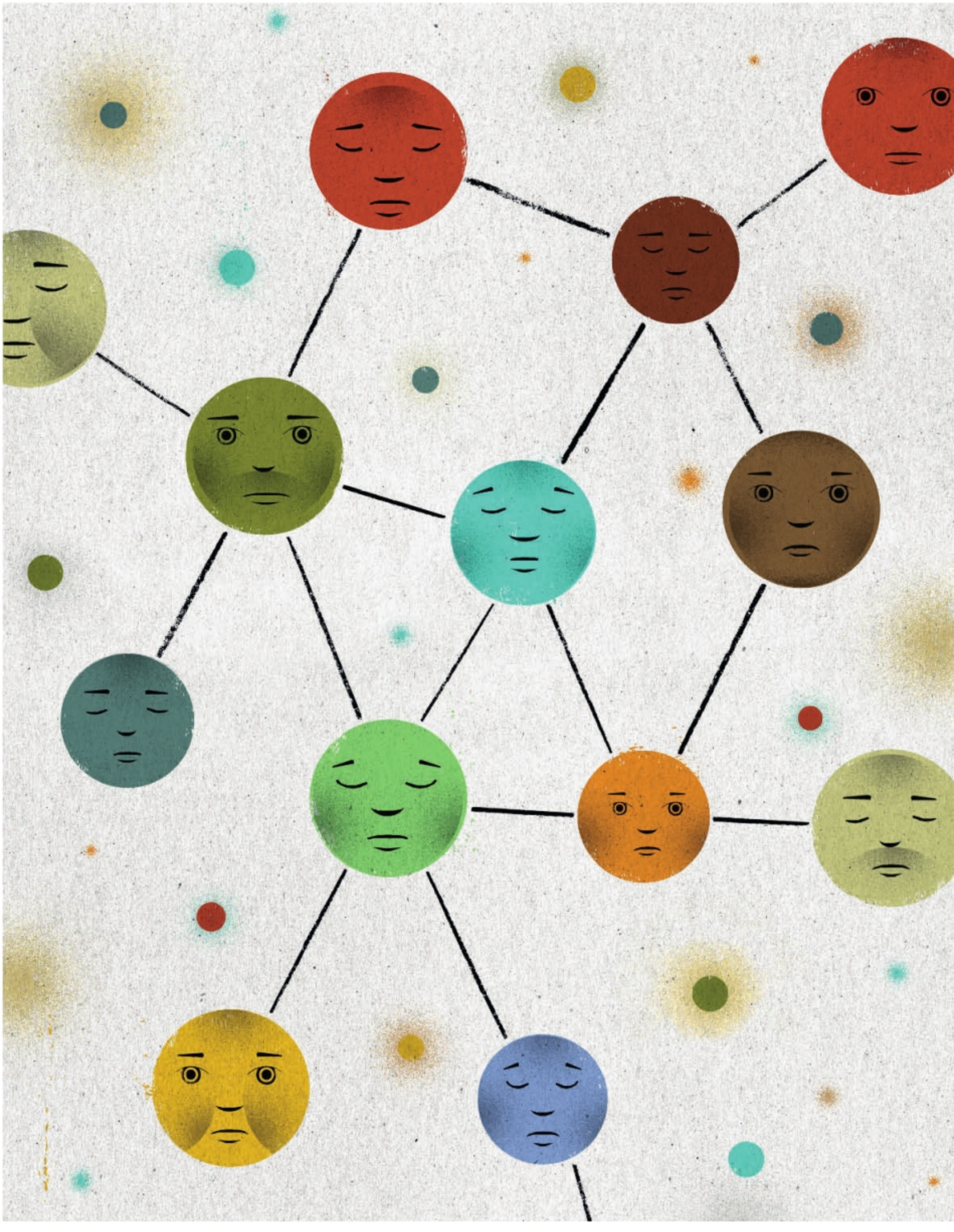
Genere. È la categoria più citata quando si parla di istruzione e impiego in scienza e ingegneria, per il semplice fatto che la maggior parte dei paesi rileva il numero di uomini e donne (ma non delle persone *transgender*). In media in questi campi le donne restano sottorappresentate. Si veda anche il grafico sui Ph.D. conseguiti da uomini e donne alle pp. 48-49.

Estrazione sociale. Un recente rapporto commissionato dalla Royal Society britannica ha analizzato i dati sugli addetti a scienza e tecnologia nel Regno Unito, trovando una forte correlazione tra l'estrazione sociale e la scelta di una carriera scientifica. «Più alto è il background socioeconomico di una persona, misurato in base a classe sociale o istruzione dei genitori, maggiore è la probabilità che lavori nella scienza.» Il nesso «è così forte da essere descrivibile come un gradiente, nel senso in cui il termine è spesso usato per descrivere il rapporto tra l'estrazione sociale e i risultati scolastici dei bambini».





Disabilità. È difficile definire la disabilità e quindi raccogliere dati comparativi sulla rappresentazione delle persone disabili a livello globale. Una complicazione è il fatto che le disabilità possono essere congenite o acquisite in un successivo momento della vita. Ma a prescindere da questo le persone con disabilità appaiono sottorappresentate fra gli addetti in scienza e ingegneria rispetto all'insieme della popolazione.



Katherine W. Phillips ricopre la cattedra di *Leadership and Ethics* intitolata a Paul Calello e l'incarico di vice rettore *senior* presso la Columbia Business School.

Come funziona la diversità

Avere intorno persone diverse da noi ci rende più creativi e diligenti, e ci spinge a impegnarci più a fondo nel lavoro

di Katherine W. Phillips

LA PRIMA COSA DA RICONOSCERE sulla diversità è che può essere difficile. Negli Stati Uniti, dove il dialogo sull'inclusione è relativamente avanzato, persino pronunciare la parola «diversità» può provocare ansie e conflitti. I giudici della Corte Suprema sono in disaccordo sulle virtù della diversità e su come ottenerla. Le grandi aziende spendono miliardi di dollari per accrescere e gestire la diversità sia al proprio interno sia all'esterno, ma continuano a essere accusate di discriminazione nei tribunali; i ranghi direttivi del mondo degli affari restano nettamente bianchi e maschili.

È ragionevole chiedersi cosa ci dia di buono la diversità. Che la diversità delle *competenze* sia vantaggiosa è ovvio – nessuno fabbricherebbe una nuova automobile senza mettere insieme ingegneri, progettisti ed esperti di controllo qualità – ma la diversità sociale? Quali sono i vantaggi della diversità razziale, etnica, di genere e di orientamento sessuale?

Le ricerche hanno mostrato che la diversità sociale all'interno di un gruppo può causare disagi, interazioni più aspre, mancanza di fiducia, aumento della percezione dei conflitti interpersonali,

IN BREVE

Decenni di ricerche di psicologi, sociologi, economisti e demografi mostrano che i gruppi socialmente diversificati (in cui c'è diversità di razza, origine etnica, genere e orientamento sessuale) sono più innovativi di quelli omogenei.

Sembra ovvio che un gruppo con diverse competenze individuali debba essere migliore di uno omogeneo nel risolvere problemi complessi e inconsueti. Meno ovvio è che la diversità sociale agisca nello stesso senso, ma i dati scientifici mostrano che è così.

Il motivo non è solo che le persone con retroterra diverso apportano informazioni nuove. Il semplice fatto di interagire con persone differenti costringe ogni membro del gruppo a prepararsi meglio, prevedere punti di vista alternativi e aspettarsi che raggiungere una posizione comune richiederà uno sforzo.

Illustrazione di Edel Rodriguez

minore comunicazione, minore coesione, maggiori preoccupazioni per possibili mancanze di rispetto e altri problemi. Qual è, allora, il lato positivo?

Il fatto è che se si vogliono costituire gruppi e organizzazioni capaci di innovazione la diversità è necessaria. La diversità accresce la creatività. Spinge alla ricerca di nuove informazioni e punti di vista, migliorando processi decisionali e risoluzione dei problemi. La diversità può dare migliori bilanci aziendali e apertura verso scoperte e innovazioni di grande portata. Anche il semplice contatto con la diversità può cambiare il modo di pensare di una persona. Non si tratta di pii desideri: sono le conclusioni che traggo da decenni di ricerche di esperti di organizzazione, psicologi, sociologi, economisti e demografi.

Informazione e innovazione

La chiave per capire l'influenza positiva della diversità è il concetto di diversità informazionale. Quando si mettono insieme persone in un gruppo che deve risolvere un problema, ciascuno apporta informazioni, opinioni e modi di vedere diversi. Che sia così per le diverse estrazioni disciplinari è ovvio; si pensi di nuovo al gruppo interdisciplinare che fa un'automobile. Ma la stessa logica vale per la diversità sociale. Le persone differiscono tra loro per razza, genere e altri aspetti; e portano con sé le proprie speciali informazioni ed esperienze, e le applicano al lavoro. Un ingegnere donna e un ingegnere uomo possono avere prospettive diverse quanto quelle di un ingegnere e un fisico, e questo è un bene.

Le ricerche su grandi organizzazioni innovative hanno più volte mostrato che le cose stanno così. Per esempio, Cristian Deszö e David Ross, professori di business rispettivamente dell'Università del Maryland e della Columbia University, hanno studiato gli effetti della diversità di genere sulle 1500 aziende leader della Standard & Poor's Composite 1500 List, un raggruppamento inteso a riflettere tutto il mercato dei titoli negli Stati Uniti. Prima hanno esaminato dimensioni e composizione dei vertici aziendali dal 1992 al 2006. Poi hanno guardato ai risultati ottenuti.

Ciò che hanno scoperto, per citare direttamente le loro parole, è che in media «la presenza femminile nei vertici aziendali conduce a un aumento di 42 milioni di dollari del valore della ditta». Deszö e Ross hanno poi misurato «l'intensità di innovazione» delle aziende attraverso il rapporto tra spese per ricerca e sviluppo e capitale, trovando che quelle che puntavano sull'innovazione ottenevano maggiori ritorni finanziari quando c'erano donne ai vertici.

La diversità razziale può dare lo stesso tipo di benefici. In uno studio del 2003, Orlando Richard, docente di gestione aziendale all'Università del Texas a Dallas, ha esaminato la dirigenza di 177 banche di livello nazionale negli Stati Uniti, costruendo un database in cui confrontare risultati finanziari, diversità razziale ed enfasi dei presidenti delle diverse banche sull'innovazione. Per le banche più orientate all'innovazione, l'aumento della diversità razziale era chiaramente collegato a migliori risultati finanziari.

Le prove empiriche dei vantaggi della diversità non sono affatto limitate agli Stati Uniti. Nell'agosto del 2012, il Credit Suisse Research Institute ha pubblicato un rapporto su 2360 aziende di tutto il mondo tra il 2005 e il 2011 cercando correlazioni tra diversità di genere nei consigli di amministrazione e risultati finanziari. Anche in questo caso, i ricercatori hanno trovato che le società con una o più donne nel consiglio avevano in media maggiori ritorni sul capitale, più bassi indici di indebitamento e maggior crescita media.

L'INFLUENZA DELLA DIVERSITÀ SULLA PRATICA SCIENTIFICA

Prospettive particolari

di Doug Medin, Carol D. Lee e Megan Bang

Produttività ed equità sono probabilmente le ragioni citate più spesso per affrontare la questione della diversità nella scienza. Ma genere e cultura, in realtà, influiscono anche sulla scienza di per sé. Influenzano infatti ciò che scegliamo di studiare, le prospettive con cui ci avviciniamo ai fenomeni scientifici e le strategie che adottiamo per studiarli. Chi entra nella scienza non lascia a casa le sue pratiche culturali.

Un esempio viene dalla biologia evoluzionistica. Malgrado la popolare immagine di Jane Goodall che osserva gli scimpanzé, quasi tutti i primi studi sul comportamento dei primati sono stati condotti da uomini. I primatologi maschi seguivano in genere le idee di Charles Darwin sulla biologia evoluzionistica, e si concentrarono sulla competizione tra i maschi per l'accesso alle femmine. In quest'ottica, le femmine dei primati sono passive, e può accadere solo che il maschio vincente abbia accesso a tutte le femmine o che le femmine scelgano semplicemente il maschio più forte e potente.

L'idea che le femmine potessero essere più attive, e che addirittura potessero fare sesso con molti maschi, non è stata presa in considerazione finché a effettuare le osservazioni sul campo non sono arrivate le biologhe. Come mai hanno visto ciò che era sfuggito agli uomini? «Quando, per esempio, una femmina di lemure o di bonobo dominava un maschio, o una femmina di cercopiteco si allontanava dal gruppo per proporsi a maschi estranei, un'osservatrice avrebbe avuto qualche probabilità in più di seguirla, guardare bene e porsi delle domande, invece di liquidare il comportamento come una bizzarria insignificante», ha scritto l'antropologa Sarah Hrdy. Il suo interesse per le strategie riproduttive materne partiva dall'empatia con i soggetti che studiava.

Anche la cultura ha prodotto differenze di approccio. Negli anni trenta e quaranta i primatologi statunitensi, adottando un atteggiamento di «minima intrusività», tendevano a concentrarsi sulla dominanza maschile e il relativo accesso all'accoppiamento, dedicando scarsa attenzione ai singoli individui, se non per tracciare le gerarchie di dominanza; era raro che seguissero individui o gruppi per parecchi anni. I ricercatori giapponesi, invece, erano molto più attenti a status e relazioni sociali, valori che nella società giapponese sono relativamente più importanti.

Questa differenza di approccio ha portato a una sorprendente differenza di interpretazione. I primatologi giapponesi hanno scoperto che il rango dei maschi è solo uno dei fattori che determinano i rapporti sociali e la composizione dei gruppi, trovando che c'è una gerarchia anche tra le femmine, e che il nucleo stabile del gruppo è composto da linee di discendenza di femmine imparentate, non da maschi. Gli studi a più lungo termine dei ricercatori giapponesi li hanno messi in grado di scoprire anche che il mantenimento del ruolo di maschio alfa non dipende solo dalla forza fisica.

La diversità dei ricercatori ha contato anche per gli studi pedagogici e sociologici. L'influente lavoro di Lawrence Kohlberg sugli stadi di sviluppo morale del bambino dei primi anni settanta è

La diversità stimola il pensiero

Gli studi su grandi insiemi di dati hanno un limite ovvio: mostrano solo che la diversità è correlata con migliori prestazioni, ma non che ne è la causa. Le ricerche sulla diversità razziale in piccoli gruppi, però, rendono possibile trarre alcune conclusioni causali. Anche qui, i risultati sono chiari: per i gruppi che apprezzano innovazione e nuove idee, la diversità serve.

Nel 2006, Margaret Neale della Stanford University, Gregory Northcraft dell'Università dell'Illinois a Urbana-Champaign, e io, abbiamo studiato l'impatto della diversità razziale in piccoli gruppi decisionali con un esperimento in cui per avere successo era essenziale condividere le informazioni. I nostri soggetti erano studenti dei corsi di business. Abbiamo formato gruppi di tre persone – alcuni tutti di bianchi, altri con due bianchi e una persona di altra razza – dando poi loro il compito di indagare su un immaginario assassinio. Tutti i componenti del gruppo avevano lo stesso insieme di informazioni, ma avevamo dato in più a ciascuno di loro un importante indizio ignoto agli altri. Per scoprire l'assassino, i membri del gruppo avrebbero dovuto condividere tutte le informazioni che avevano. I gruppi con diversità razziale hanno ottenuto risultati significativamente migliori. Trovarci fra gente che ci somiglia ci porta a credere di avere tutti le stesse informazioni e lo stesso punto di vista. Questo atteggiamento, che è ciò che impediva ai gruppi interamente bianchi di trattare al meglio le informazioni, è proprio quello che ostacola creatività e innovazione.

Altri ricercatori hanno ottenuto risultati analoghi. Nel 2004 Antony Lising Antonio, della Stanford Graduate School of Education, ha collaborato con cinque colleghi per esaminare l'influenza della composizione razziale e della diversità delle opinioni sulle discussioni nei piccoli gruppi. Allo studio hanno partecipato oltre 350 studenti di tre università. Ai membri dei vari gruppi è stato chiesto di discutere un'importante questione sociale (il lavoro minorile o la pena capitale) per 15 minuti. Preparate delle relazioni a sostegno delle opinioni minoritarie, i ricercatori le hanno fatte presentare a ciascun gruppo da un membro di razza nera o bianca. Quando era una persona di razza nera a presentare l'opinione dissenziente a un gruppo di bianchi, il suo punto di vista veniva percepito come più nuovo e spingeva il gruppo ad allargare le sue vedute e prendere in considerazione le alternative più di quanto accadeva quando *quelle stesse identiche opinioni dissenzienti* era presentate da una persona di razza bianca. La lezione è che quando il dissenso proviene da una persona diversa da noi, ci spinge a pensare di più di quando proviene da qualcuno che ci appare simile a noi.

L'effetto non vale solo per la razza. L'anno scorso, per esempio, Denise Lewin Loyd, docente di gestione aziendale dell'Università dell'Illinois, Cynthia Wang dell'Università statale dell'Oklaoma, Robert B. Lount, Jr. dell'Università statale dell'Ohio e io, abbiamo chiesto a 186 individui se erano democratici o repubblicani, poi abbiamo dato loro da leggere un giallo e chiesto di dirci chi pensavano che fosse il colpevole. Poi, abbiamo chiesto ai soggetti di prepararsi a un incontro con un altra persona scrivendo un testo con il loro punto di vista. In tutti i casi, e questo è l'importante, dicevamo ai partecipanti che la persona da incontrare era in disaccordo con loro ma bisognava che arrivassero a un accordo. A tutti è stato detto di prepararsi a convincere l'altro; a metà dei soggetti, però, è stato detto che avrebbero dovuto esporre le loro ragioni a un sostenitore del partito opposto, e all'altra metà a uno del proprio partito. Il risultato: i democratici cui era stato detto che un altro democratico non era d'accordo con loro si sono preparati per

stato rimesso in discussione dalla psicologa Carol Gilligan per aver ignorato il punto di vista delle donne, che tende a sottolineare l'etica della cura. E il modello di Kohlberg non rendeva conto dei principi morali associati alle tradizioni religiose orientali, in parte perché il suo schema non includeva i principi di cooperazione e non violenza.

La validità del lavoro scientifico comporta molto più del rispetto delle prescrizioni canoniche sulla necessità di controlli appropriati, la ripetibilità e così via. Comporta la scelta delle popolazioni e dei problemi da studiare, delle grandezze da misurare e delle procedure da adottare. La diversità nei valori e nelle prospettive è importante per queste scelte. Per esempio, nelle scienze sociali gli studiosi, prevalentemente maschi, bianchi e di classe media, concentrano i propri programmi di ricerca in primo luogo su popolazioni bianche di classe media, e così rischiano di giungere a conclusioni non generalizzabili.

Se la partecipazione alle pratiche culturali è centrale per il nostro sviluppo come esseri umani, allora queste pratiche avranno un'influenza su come impariamo e pratichiamo la scienza. In psicologia, gli studiosi che hanno deciso di concentrarsi sull'orientamento culturale hanno allargato le nozioni precedentemente accettate sullo sviluppo, la motivazione e la resilienza dell'identità. Le ricerche sugli effetti dell'insegnare ai bambini a valorizzare il proprio retaggio razziale hanno allargato i confini delle concezioni accettate dello sviluppo dell'identità. Studiosi appartenenti alle minoranze hanno fatto notare che gli studi tendono a concentrarsi sugli effetti della diversità più che su quelli dell'omogeneità, e altre zone cieche dalle pratiche scientifiche.

La diversità fra gli scienziati è importante per ridurre i preconcetti e proporre modi diversi di guardare al mondo. Due di noi (Bang e Medin), insieme ai colleghi, hanno documentato consistenti influenze culturali sulla percezione dei rapporti tra uomo e natura: gli statunitensi delle zone rurali di origine europea tendono a vedersi come separati dalla natura, mentre i nativi americani ritengono di farne parte (anche se la cosa è più complicata di quanto lo spazio ci permetta di spiegare qui). Ciò può influenzare i nostri modi di considerare le questioni ambientali. E potrebbe essere anche il motivo per cui l'atteggiamento prevalente non tratta gli insediamenti urbani come parte degli ecosistemi e vede gli ecosistemi ideali come liberi da influenze umane; e così via.

Si dice in genere che gli scienziati devono prendere professionalmente le distanze da ciò che studiano. Ma la metafora della distanza è fuorviante. La scienza, come un dipinto, ha necessariamente un punto di vista e una prospettiva. Ma capiremo meglio il nostro mondo nella misura in cui riusciremo rimuovere i nostri preconcetti e imparare da una molteplicità di punti di vista.

Douglas Medin è titolare della cattedra di psicologia intitolata a Louis W. Menk e insegna politiche sociali e dell'istruzione alla Northwestern University.

Carol D. Lee è titolare della cattedra di politiche sociali e dell'istruzione intitolata a Edwina S. Tarry e docente di studi afroamericani nello stesso ateneo.

Megan Bang è *assistant professor* di psicopedagogia alla Washington State University.

La scienza dei cittadini

di Steven Bishop

Stephen Bishop è professore di matematica all'University College di Londra.

L'idea aprire la scienza alla pubblica partecipazione, in una modalità di ricerca detta *citizen science*, ha stimolato una varietà di progetti, che hanno condotto a vere innovazioni e mutamenti nei comportamenti. Ha fatto qualcosa di più che migliorare la ricerca già esistente: ha coinvolto un'intera serie di punti di vista che altrimenti sarebbero rimasti sommersi, consentendo a gente nuova di avanzare nuove idee per risolvere nuovi problemi.

La «scienza dei cittadini» si alimenta soprattutto di Internet, *cloud computing*, smartphone e social media, che consentono a migliaia di scienziati – o di persone non qualificate, spesso disperse in tutto il mondo – di partecipare a raccolte di informazioni e conoscenze su scale che possono essere diversissime: Galaxyzoo (galaxyzoo.org) classifica galassie, Qcumber (qcumber.org) consente agli utenti di segnalare siti di rischio ambientale, ProjectFeederWatch (feederwatch.org) censisce gli uccelli e il California Roadkill Observation System (wildlifecrossing.net/California) riferisce sugli animali uccisi da veicoli. Sono programmi che consentono di campionare dati a scala assai più fine di quanto si possa fare con qualsiasi altro mezzo.

L'ubiquità dei dispositivi mobili significa che i progetti non devono necessariamente limitarsi al pubblico benestante, alfabetizzato e istruito. Nel suo lavoro con i gruppi etnici Baka in Camerun, Jerome Lewis dell'University College di Londra utilizza semplici immagini per documentare alberi di valore. I metodi della *citizen science* stanno diventando disponibili anche nelle scienze sociali, per progetti di studio di discriminazioni e abusi relativi ai diritti umani, e per aiutare le popolazioni locali di presentarsi all'esterno in maniera più valida.

Oltre a raccogliere dati, molti progetti di *citizen science* cambiano le nostre percezioni. Il censimento degli uccelli dell'Annual Audubon Christmas Bird Count (birds.audubon.org/christmas-bird-count), che risale quasi ai tempi dei primissimi progetti sui dati meteorologici, dà informazioni sulle tendenze delle popolazioni aviarie. E coinvolge la società civile, e ha perciò un valore educativo che può contribuire a promuovere il cambiamento. L'idea di partenza era dare un'alternativa alla tradizione di sparare agli uccelli il giorno di Natale.

Facile è anche trasferire le idee a scala più vasta. Un progetto che parte in un'aula scolastica può diventare in breve un'iniziativa globale. Progetti come Leafsnap (leafsnap.com) ritrasmettono informazioni ai singoli collaboratori, che così entrano in un processo bidirezionale. Questa conoscenza collettiva può innescare altre idee e condurre a nuovi modi di fare scienza, come si è visto, per esempio, nelle soluzioni a certi problemi di ripiegamento delle proteine proposte dal progetto Foldit (fold.it/portal). Piattaforme come Zooniverse (zooniverse.org) danno a milioni di persone la possibilità di accedere a iniziative collaborative di ogni genere. Al CERN di Ginevra, e in altri progetti scientifici di grande scala, persone con un'ampia varietà di capacità e competenze si sono messe insieme per lavorare su specifici obiettivi; grazie alla scienza dei cittadini, l'idea può allargarsi ancora, che si tratti di classificare galassie di nuova scoperta o di identificare piante. Ciò aggiunge una nuova dimensione alla *citizen science*, consentendo alla massa dei collaboratori di proporre nuove soluzioni a problemi irrisolti.

In Islanda, dopo il crollo finanziario del 2008, i consiglieri comunali della capitale si sono trovati di fronte a difficili scelte sulla destinazione dei limitati fondi di cui disponevano. Hanno allora messo in piedi il progetto Better Reykjavik per consentire ai cittadini di discutere idee innovative per migliorare le proprie comunità. Hanno affidato alla «folla», in *crowdsourcing*, i potenziali progetti, l'assegnazione delle priorità e le decisioni sui fondi da allocare. Questi successi ci hanno aperto gli occhi su nuovi modi di finanziare la scienza, come la piattaforma di *crowdsourcing* Experiment (experiment.com). Quanto ci vorrà perché questi approcci vengano di moda nel finanziamento della scienza?

Quando si accoppieranno ai *big data*, i progetti di *citizen science* si allargheranno ancora. Piattaforme aperte daranno ai singoli l'accesso a dati, modelli e analisi, per porre le proprie domande e cercare soluzioni. E questo cambierà il modo in cui insegniamo la scienza nelle scuole e in cui facciamo ricerca.

la discussione meno bene di quelli cui era stato detto che a essere in disaccordo era un repubblicano. Lo stesso è accaduto con i repubblicani. Quando il disaccordo proviene da una persona socialmente diversa da noi, ci sentiamo spinti a impegnarci di più. La diversità ci spinge verso azioni cognitive in modi in cui l'omogeneità semplicemente non riesce.

Di conseguenza, la diversità porta a fare scienza di qualità migliore. Quest'anno Richard Freeman, docente di Economia alla Harvard University e direttore del progetto Science and Engineering Workforce Project del National Bureau of Economic Research, insieme a Wei Huang, dottorando in economia a Harvard, ha indagato l'identità etnica degli autori di 1,5 milioni di lavori scientifici scritti tra il 1985 e il 2008 usando il Thomson Reuters' Web of Science, un vasto database delle pubblicazioni di ricerca. Hanno trovato che i lavori scritti da gruppi compositi ricevono più citazioni e hanno un fattore di impatto più alto di quelli scritti da persone dello stesso gruppo etnico. In più, hanno trovato che i lavori migliori erano associati a un maggior numero di indirizzi degli autori; la diversità geografica, e un maggior numero di riferimenti, presumibilmente, riflettono una maggiore diversità intellettuale.

La forza delle aspettative

Diversità non significa soltanto mettere in campo modi di vedere diversi. La semplice presenza di diversità sociali in un gruppo fa sì che i suoi componenti *si convincano* che possano esistere prospettive diverse; e questa convinzione cambia i comportamenti.

I membri di un gruppo omogeneo hanno in qualche modo la sicurezza che si troveranno d'accordo; che capiranno gli uni i punti di vista e le credenze degli altri, e che arriveranno facilmente a un punto comune. Ma quando i membri di un gruppo si accorgono di essere socialmente diversi, le loro aspettative cambiano. Si aspettano differenze di opinione e atteggiamenti. Partono dall'idea che per arrivare a una posizione comune bisognerà impegnarsi di più. Questa logica contribuisce a spiegare sia gli aspetti positivi sia quelli negativi della diversità sociale: la gente si sforza e lavora di più quando l'ambiente è ricco di diversità, cognitiva e sociale. Piaccia o non piaccia, un lavoro più duro può dare risultati migliori.

In uno studio del 2006 sui processi decisionali delle giurie popolari nei processi, lo psicologo sociale Samuel Sommers, della

VALORI E PRIORITÀ

Questioni personali

di D.N. Lee

D.N. Lee, biologa, studia comportamento ed ecologia animale. Cura il blog *The Urban Scientist* del network di blog di «Scientific American».

Rendere più sicure le comunità o assicurare l'accesso all'acqua potabile sono problemi per cui serve della scienza. Per gran parte della sua storia, però, la scienza è stata modellata principalmente dai valori europei. Uomini bianchi, europei e americani, hanno determinato in larga misura chi faceva le domande, come cercare le risposte e che cosa era importante. Da questo sono venute tante scoperte e innovazioni importanti, ma molte altre questioni sono state trascurate o ignorate a causa dei limiti delle esperienze di questi studiosi.

Studiare cose che ci toccano personalmente allarga il campo della scienza e la rende più significativa per tutti. Robin Nelson, docente di antropologia allo Skidmore College, che studia le strategie di cura nelle famiglie caraibiche, riconosce che le opinioni sul disegno delle ricerche in antropologia biologica stanno cambiando perché si comincia a riconoscere l'importanza dell'esperienza personale nel determinare la scienza. Così ricorda quando ha deciso che doveva accettare i consigli delle donne che stava studiando e allargare l'indagine ai maschi che contribuivano al benessere delle famiglie. «Per capire a fondo le dinamiche delle cure femminili, dovevo capire come queste donne costruiscono il proprio universo», dice. «Vivono in un sistema sociale patriarcale; quindi dovevo intervistare anche padri e fratelli.» La ricercatrice ha modificato il suo progetto di ricerca, scoprendo che le strategie di cura femminili erano spesso anche una risposta alle decisioni e ai contributi, finanziari ed emozionali, dei maschi della famiglia.

Chi diventa scienziato e proviene da un gruppo sottorappresentato spesso si sente investito di una missione. Carl Hart, docente di psicologia e psichiatria alla Columbia University, è cresciuto nelle zone malfamate di Miami durante la «guerra alla droga» degli anni ottanta. Ha visto le sofferenze di amici e vicini per i crimini legati alla droga, e ha spacciato e assunto sostanze lui stesso; poi è riuscito a cambiare strada, e dopo la laurea si è dato allo studio degli effetti fisiologici delle droghe sul cervello umano, perché voleva capire come influenzano le persone. «Hai dei punti di vista diversi, che non sono quelli del tipico scienziato, e quindi vedi i problemi in modo diverso», ha detto nel 2013. «Di certo hai più coraggio, su certe cose, perché ne vedi l'impatto su gente che per te è importante.»

Margareth Hiza Redsteer, ricercatrice presso l'U.S. Geological Survey, studia l'impatto dei cambiamenti climatici sulle terre e le acque della Nazione Navajo. Allevando i suoi figli nella riserva, ha vissuto la frustrazione di dipendere da riserve d'acqua intermittenti e a volte contaminate. Quando si è iscritta al college, a 28 anni, si è interessata a geologia e idrologia perché voleva capire meglio i rapporti tra il territorio, il suo uso e l'acqua di cui aveva bisogno la sua comunità. «Una delle cose più importanti che ho appreso nei miei studi è che ciò che sei contribuisce a definire il modo in cui guardi il mondo e affronti i problemi», dice il suo profilo per la Society for the Advancement of Hispanics/Chicanos and Native Americans in Science. «Usare le conoscenze tradizionali dei Nativi Americani è importante non solo per la scienza ma anche in termini culturali… Abbiamo bisogno di gente che affronti i problemi scientifici da questa prospettiva, per imparare – e si spera insegnare ad altri – a essere migliori amministratori del territorio.»

Di recente gli ecologi hanno cominciato a prestare attenzione alle questioni degli ambienti urbani. Ma non sono cose nuove per chi vive in comunità a basso reddito, e le vede in un'ottica di giustizia ambientale. Nata a Chicago, Kellen A. Marshall-Gillespie, dottoranda in ecologia urbana all'Università dell'Illinois, ha notato come l'inquinamento automobilistico e industriale colpiva la salute respiratoria dei suoi vicini. E ha ipotizzato che questi inquinanti avessero effetti deleteri anche sulla crescita e lo sviluppo fisiologico delle piante, compresi gli ortaggi, dei giardini vicini. «Disuguaglianze ambientali e razzismo [hanno] enormi implicazioni per la sostenibilità dei sistemi naturali e i servizi ecosistemici», ha scritto. «Ho sentito la profonda esigenza di collegare i benefici sociali che possono venire dallo studio di servizi ecosistemici, [giustizia ambientale] e segregazione razziale».

Quando la scienza è inclusiva è un bene per tutti. Comunità da tempo trascurate riescono a farsi sentire, e gli scienziati che le ascoltano sono ricompensati da nuovi spunti e risultati.

Tufts University, ha scoperto che nel deliberare su un caso di violenza sessuale lo scambio di informazioni nei gruppi razzialmente misti copriva una gamma di elementi più vasta che nei gruppi composti solo da bianchi. In collaborazione con giudici e coordinatori delle giurie di un tribunale del Michigan, Sommers ha condotto una serie di processi simulati, con un gruppo di persone selezionate realmente come giurati. I partecipanti sapevano che la giuria simulata era un esperimento voluto dal tribunale, ma non che il vero scopo della ricerca era studiare l'impatto della diversità razziale sul processo decisionale.

Sommers ha composto giurie di sei persone, in cui i giurati erano o tutti bianchi o quattro bianchi e due neri. Come potete aspettarvi a questo punto, le giurie non omogenee si sono rivelate migliori nel considerare i fatti, hanno compiuto meno errori nel ricordare le informazioni pertinenti e discusso in modo più aperto del ruolo dei fattori razziali. I miglioramenti non erano necessariamente dovuti al fatto che i giurati neri davano al gruppo nuove informazioni – erano i giurati bianchi a comportarsi in modo diverso in presenza di quelli neri. Dove c'era diversità, c'era più diligenza e apertura mentale.

Un esercizio di gruppo

Immaginate questa situazione: dovete scrivere una sezione di un rapporto da presentare a un prossimo convegno. Vi aspettate qualche disaccordo e difficoltà di comunicazione perché la persona con cui collaborate è americana, e voi siete cinese. A causa di questa singola differenza sociale, potreste fare attenzione ad altre differenze tra voi e l'altra persona – di cultura, educazione ed esperienze – differenze che non vi aspettereste se fosse anch'essa cinese. Come vi preparate per l'incontro? Con tutta probabilità, vi impegnerete a spiegare i vostri ragionamenti e anticipare le possibili alternative più a fondo di quanto non avreste fatto altrimenti.

È così che funziona la diversità: promuovendo il duro lavoro e la creatività; spingendoci a considerare le alternative prima ancora di cominciare le interazioni personali. Se la diversità fa soffrire, è una sofferenza che somiglia a quella dell'allenamento sportivo. Per far crescere i muscoli bisogna impegnarsi. Senza dolore non si migliora. Allo stesso modo, abbiamo bisogno della diversità – nei gruppi, nelle organizzazioni e nell'insieme della società – se vogliamo cambiare, crescere e innovare. ■

Stephanie C. Hill è vice presidente e general manager di Lockheed Martin Information Systems & Global Solutions Civil.

Alla ricerca delle idee migliori

Come ho imparato il valore della diversità

di Stephanie C. Hill

NEL 1996 ERO UNA GIOVANE AFROAMERICANA decisa a dare il meglio di me stessa alla Lockheed Martin, una delle maggiori aziende tecnologiche del mondo, quando mi nominarono alla guida del team incaricato di realizzare un prodotto integrato per un programma di grande importanza della Marina degli Stati Uniti.

Ero sicura delle mie capacità di ingegnere del software, e avevo partecipato molto da vicino alla messa a punto dei requisiti di programma. Ma il programma era molto più ampio dello sviluppo di un software. Dovevamo realizzare una periferica avanzata di controllo per un sistema di lancio navale a decollo verticale.

La sfida era partire dal vecchio sistema, basato su un computer a 16 bit con una rudimentale tastiera di input e cartucce a nastro, e progettare una nuova unità che incorporasse la tecnologia corrente: processore PowerPC VME a 166 megahertz e interfaccia utente di tipo grafico con *touch screen*. All'epoca eravamo lontani dall'avvento degli iPad e i touch screen erano un prodotto di avanguardia. Era una delle prime volte che la Marina si avventurava in una tecnologia pensata per una compatibilità avanzata e realizzata con componenti di mercato. Il sistema, inoltre, doveva essere abbastanza solido da resistere all'esplosione causata da un colpo ravvicinato appena fuori bersaglio. E andava realizzato in fretta e a costi accettabili.

Data la complessità, i tempi di consegna e la quantità di innovazione richiesta, avevamo bisogno di spremere al massimo la capacità di pensiero originale di persone dal retroterra molto diversificato, in senso sia professionale che umano. Eravamo una trentina: c'erano varie persone di colore e diverse donne, cosa all'epoca notevole per il settore, e una sana miscela di gioventù ed esperienza. A me toccava stabilire un'atmosfera di inclusione che accogliesse le diversità di razza, sesso ed età.

È stata la diversità delle competenze professionali nel gruppo a dimostrarmi che un ambiente improntato all'inclusione e alla condivisione è indispensabile per avere successo. Avevamo ingegneri specializzati in sistemi, software, impianti elettrici e fattori umani. C'erano esperti di attenuazione degli shock, impulsi elettromagnetici e collaudo di sistemi di simulazione. E bisognava impegnarli tutti in uno scambio dialogico in cui ogni idea veniva continuamente presa, fatta a pezzi e modificata, consolidandosi a ogni passaggio.

Era il tipo di ambiente in cui la diversità non è solo un vantaggio, ma una necessità. E, dato che riuscimmo a ottenerla e a gestirla, riuscimmo anche a dare al cliente le capacità operative richieste.

In qualità di leader, toccava a me stabilire il tono di una discussione in cui la gente potesse esprimere le sue idee, anche quan-

Illustrazione di Edel Rodriguez

do erano diverse da quelle dei colleghi. Non avrei permesso che le idee di qualcuno fossero scartate senza essere prese in considerazione. Inoltre creai un ambiente in cui tutti sapessero di poter porre quelle domande che tante volte non vengono mai fatte perché ognuno teme di essere l'unico a non sapere la risposta. Porre quelle domande nelle prime fasi di una discussione permette di superarle (dato che in realtà molti altri si stanno chiedendo le stesse cose), e di usare il tempo in modo più efficiente.

Una delle cose che più temevo, come leader, era che una delle migliori idee presenti nella stanza restasse inespressa solo perché qualcuno non si sentiva abbastanza a suo agio da esporla.

Una volta, in una riunione, mi trovai seduta accanto a un giovane ingegnere in una stanza piena di colleghi più esperti. Mi accorsi che aveva qualcosa da dire, ma era sempre di una frazione di secondo in ritardo nel prendere la parola. Dopo un po' ho fermato la discussione, mi sono rivolta a lui e gli ho chiesto la sua opinione; e lui avanzò un suggerimento che fin lì nessuno aveva preso in considerazione. Era arrischiato, e il gruppo era scettico. Ma alla fine abbiamo adottato proprio la sua idea, con il risultato di conquistare del tutto un cliente.

Il risultato forse più importante di quella mia esperienza nella guida di un gruppo di lavoro è che mi aiutò a far evolvere la mia concezione della diversità in un concetto più ampio di inclusione. La diversità di età, genere, colore della pelle, gruppo etnico e così via – le caratteristiche di un luogo di lavoro aperto alla diversità che balzano alla mente per prime – è spesso visibile e facile da identificare, e serve concentrazione per metterla in gioco e svilupparla.

La presenza di una diversità già visibile all'occhio indica spesso che c'è un ambiente inclusivo che abbraccia la diversità di pensiero. Una dinamica di gruppo che apre le porte all'inclusione farà sorgere idee che vengono da un'ampia varietà di esperienze professionali, scolastiche e sociali.

Il fatto che i migliori gruppi sono più grandi della somma delle loro parti è un'ovvietà. Io credo però che questo accada *solo* quando tra quelle parti c'è diversità. Quando tutti hanno lo stesso aspetto, fanno le stesse cose e *pensano* nello stesso modo, c'è da stupirsi che spesso non riescano ad abbracciare – e figuriamoci produrre – soluzioni innovative e non convenzionali?

Ho la fortuna di lavorare per un'organizzazione che non solo comprende questo concetto ma fa uno sforzo consapevole per viverlo. Fare altrimenti significherebbe rassegnarci a una comoda mediocrità, e nella ricerca dell'eccellenza questa non sarà mai una scelta accettabile. ■

Ph.D. globali per genere

Diplomi di dottorato conseguiti

Da 1 a 19.238

Scienza e ingegneria (S&E)*

Altro (non S&E)

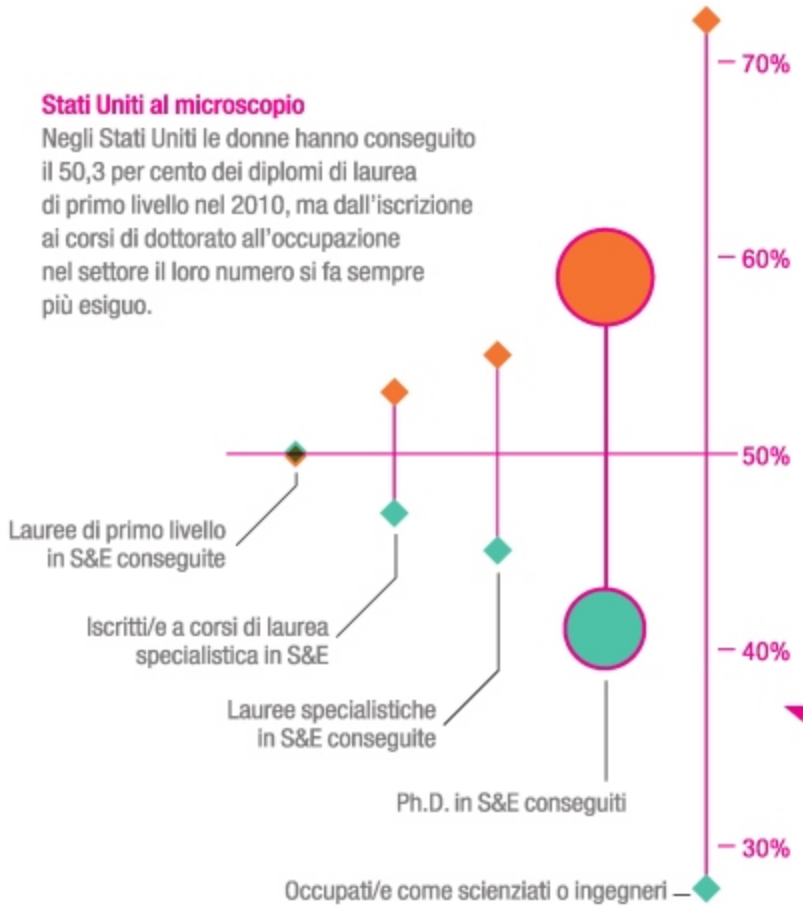
Maschi

Femmine

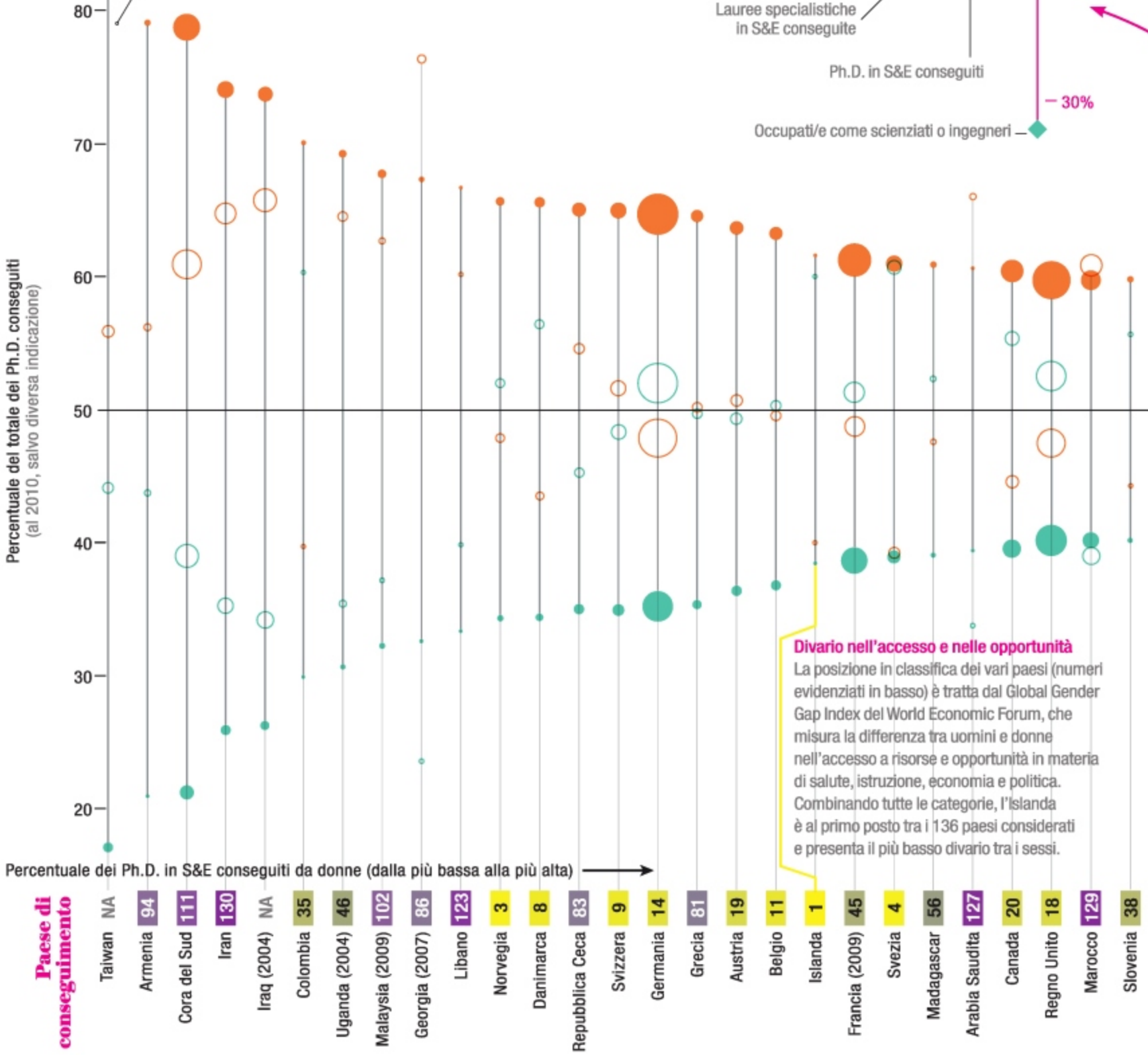
*Il campo sanitario non è compreso in S&E

Stati Uniti al microscopio

Negli Stati Uniti le donne hanno conseguito il 50,3 per cento dei diplomi di laurea di primo livello nel 2010, ma dall'iscrizione ai corsi di dottorato all'occupazione nel settore il loro numero si fa sempre più esiguo.



Taiwan presenta attualmente il massimo divario fra i sessi: i dottorati di ricerca in S&E conseguiti da donne sono appena il 17 per cento



Divario nell'accesso e nelle opportunità

La posizione in classifica dei vari paesi (numeri evidenziati in basso) è tratta dal Global Gender Gap Index del World Economic Forum, che misura la differenza tra uomini e donne nell'accesso a risorse e opportunità in materia di salute, istruzione, economia e politica. Combinando tutte le categorie, l'Islanda è al primo posto tra i 136 paesi considerati e presenta il più basso divario tra i sessi.

Il divario fra i sessi

Donne, uomini e dottorati di ricerca nel mondo

LE DONNE CHE SI SPECIALIZZANO in materie scientifiche e ingegneristiche (S&E) sono sempre di più, negli Stati Uniti come nel resto del mondo; ovunque, però, sono ancora sottorappresentate fra gli occupati del settore. Ottenere dati comparativi è difficile, ma emerge la disparità del numero di dottorati (Ph.D.) conseguiti da donne e uomini. Il grafico di queste pagine, costruito a partire dai dati raccolti dalla National Science Foundation, presenta il divario tra i sessi a livello di dottorato di ricerca in 56 paesi. La situazione varia ampiamente da un paese all'altro ma, come si vede dai numeri, vi sono interessanti eccezioni alla tendenza globale.

PER APPROFONDIRE

Science and Engineering Indicators 2014. National Science Board. National Science Foundation, 2014. **www.nsf.gov/statistics/seind14/index.cfm/home.**

The Global Gender Gap Report 2013. World Economic Forum, 2013. **www.weforum.org/reports/global-gender-gap-report-2013.**

Nature Index della ricerca scientifica (data di lancio prevista: autunno 2014): **www.natureindex.com.**

Grafica di Periscopic e Jen Christiansen, ricerche di Amanda Hobbs
Fonti: National Science Board. Science and Engineering Indicators 2014. National Science Foundation, 2014 (Dati Sui Ph.D.); The Global Gender Gap Report 2013. Global Economic Forum, 2013. (Indice Wef)

Victoria Plaut, psicologa sociale, è professoressa di giurisprudenza e sociologia alla School of Law dell'Università della California a Berkeley.

Aprire le porte a tutti

Non ci sono ricette per introdurre la diversità nei luoghi di lavoro e di studio, ma nuove ricerche su come agisce la diversità suggeriscono strategie che funzionano almeno in qualche misura

di Victoria Plaut

OGNI VOLTA CHE PARLO IN PUBBLICO della diversità mi pongono la stessa domanda: in pratica, come si fa? Sembra che i miei ascoltatori, in qualunque sede – scuole, dipartimenti universitari, organismi sanitari e grandi studi legali – ogni volta restino perplessi. Vorrebbero la ricetta segreta, una serie di punti a prova d'errore. Sperano di sentirsi dire: «Seguite attentamente le istruzioni, e otterrete diversità e inclusione». Quindi, lasciatemi partire da un'avvertenza preliminare: un metodo semplice e a prova di errore per assicurare che in un gruppo siano adeguatamente rappresentate tutte le diversità razziali, etniche, socioeconomiche o di genere non c'è.

Nella mia esperienza, alcune diffuse percezioni erronee interferiscono con il sincero desiderio di molte persone e organizzazioni di creare un ambiente più inclusivo in ufficio o in classe. In primo luogo molti di noi partono dall'idea che per promuovere la diversità non bisogna pensare a ciò che ci rende diversi. Poi, crediamo che tutti vivano le situazioni lavorative e scolastiche sostanzialmente allo stesso modo. In terzo luogo, se sorgono dei problemi partiamo dall'idea che per noi personalmente ci sia poco da fare, perché dipendono dal sistema o, in alternativa, perché vengono soprattutto da poche persone cariche di pregiudizi (che potrebbero cambiare grazie a un'apposita formazione).

La ricerca ha mostrato che questi assunti, malgrado siano molto diffusi, sono sbagliati. La loro persistenza alimenta l'erronea impressione che per entrare in un campo scientifico-tecnologico («STEM», dalle iniziali inglesi di «scienza, tecnologia, ingegneria

IN BREVE

Le buone intenzioni, ovviamente, non bastano a garantire il successo nel dare origine a un ambiente lavorativo o accademico ricco di diversità. Per fortuna una massa crescente di ricerche sociologiche ci dice quali sono gli approcci più validi.

Tre idee – tanto diffuse quanto sbagliate – ostacolano però spesso la nascita di situazioni accademiche o lavorative in cui gli individui dei gruppi sottorappresentati si sentano abbastanza a proprio agio per un impegno produttivo a lungo termine.

Per promuovere una maggiore diversità fra gli addetti a scienza, tecnologia e sanità, il minimo da fare è prestare attenzione alle differenze, alimentare un senso di appartenenza in una vasta gamma di persone e nominare un responsabile del conseguimento di obiettivi specifici.

Illustrazioni di Edel Rodriguez

e matematica») basti essere bravi e motivati, e avere accesso agli strumenti giusti. Questi falsi presupposti conducono a loro volta a una falsa conclusione: chi non entra nel settore scientifico o lo abbandona lo fa perché non può o non vuole.

Per fortuna chi è disposto a provarci può cambiare i suoi presupposti. E una crescente massa di prove provenienti dalla psicologia e dalla sociologia delle organizzazioni suggerisce che nel condurre ad ambienti più inclusivi alcuni approcci hanno maggiori probabilità di successo di altri. Nuove concezioni e crescente fiducia nei più recenti risultati della ricerca stanno portando ad ambienti più inclusivi in diverse organizzazioni.

Mai più «daltonici»

Forse esiste un mondo ideale in cui in ufficio e in aula razza e genere sono irrilevanti. Nel nostro mondo, però, la maggior parte della gente trova più facile star bene in un ambiente attivamente favorevole, in cui si può essere diversi senza rischi.

Vari anni fa i miei colleghi e io abbiamo condotto uno studio in un'organizzazione sanitaria composta da scienziati, medici, infermieri e altri addetti, cui domandammo se, secondo loro, le differenze razziali ed etniche dovevano essere attivamente ignorate o positivamente riconosciute nel quadro delle iniziative con cui l'organizzazione cercava di promuovere la diversità. Poi abbiamo esaminato i sentimenti dei dipendenti di colore rispetto al loro lavoro e all'organizzazione. Nei dipartimenti in cui i dipendenti bianchi pensavano che le differenze andassero ignorate, abbiamo trovato che il senso di impegno dei dipendenti non bianchi era più basso di quello dei dipartimenti in cui i bianchi appoggiavano pubblicamente l'idea di dar supporto alla diversità, a prescindere da quante poi fossero le persone di colore che effettivamente lavoravano in quel dipartimento. In più, nei dipartimenti «daltonici» gli individui dei gruppi sottorappresentati percepivano maggiori pregiudizi. Nei dipartimenti in cui la differenza era riconosciuta ne percepivano di meno.

Parecchi studi indicano che possono entrare in gioco pregiudizi inconsci, e suggestionabili. Nel 2004, per esempio, Jennifer A. Richeson, allora al Dartmouth College, e colleghi, hanno misurato i tempi di reazione di 50 studenti bianchi ad alcuni test psicologici dopo che metà di loro aveva ricevuto materiale a sostegno delle politiche di «cecità» al colore della pelle come via per arrivare a un'armoniosa convivenza interrazziale, e l'altra metà del materiale a favore di una promozione deliberata della diversità di razza. La Richeson ha poi misurato la velocità con cui i partecipanti collegavano determinate parole a nomi che suggerivano una certa origine etnica (per esempio, «Jamal» e «buono» o «Josh» e «buono» rispetto a «Jamal» e «cattivo» o «Josh» e «cattivo»). I partecipanti privi di pregiudizi avrebbero dovuto unire tutte le coppie di parole equivalenti con la stessa velocità, senza accenti razziali. Una

LA LEZIONE DEI DOODLE

Diventare visibili

di Brian Velle e Megan Smith

Gloria Steinem, giornalista e attivista femminista, ha detto: «Le donne sono sempre state una componente uguale del passato. Solo che non siamo state equamente rappresentate dalla storia». Proprio in questo senso a Google, negli anni scorsi, abbiamo scoperto una brutta cosa sui nostri amati Doodle. È dalla fondazione della società, nel 1998, che realizziamo queste modifiche del nostro logo e le mettiamo sulla nostra home page, spesso dedicandole a persone specifiche in occasione della loro data di nascita. Nei primi sette anni abbiamo onorato in questo modo esattamente zero donne. Tra il 2010 e il 2013 abbiamo fatto un po' meglio: le donne sono state il 17 per cento circa, gli uomini di colore il 18 per cento, le donne di colore appena un vergognoso 4 per cento; il 62 per cento dei festeggiati, però, rimanevano uomini e bianchi.

A noi lo squilibrio era sfuggito. Non al Web. I sostenitori dell'uguaglianza di genere hanno fatto i conti e ci hanno chiamato a renderne conto, in modo decisamente pubblico. Ciò che è venuto fuori dai Doodle ci ha messo di fronte a uno specchio in cui riconoscere i pregiudizi inconsci che abbiamo ereditato.

È un problema che va assai al di là di Google. Le donne e le minoranze non sono abbastanza visibili nelle sedi di lavoro legate a scienza e tecnologia, e anzi nella nostra cultura in generale. Negli Stati Uniti le donne sono la metà della forza lavoro e il 30 per cento, grosso modo, degli addetti a scienza, tecnologia, ingegneria e matematica (STEM); ma sono meno del 21 per cento i personaggi femminili dei film per famiglie, dei programmi tv di prima serata e dei programmi per bambini di cui si dice che lavorano in questo campo. Quanto agli addetti all'informatica nei film per famiglie, il rapporto è ancora peggiore: 15 uomini per ogni donna. (I dati vengono dal Geena Davis Institute on Gender in Media, che ha fatto un importante lavoro di catalogazione del modo in cui sono rappresentate le donne e le ragazze, concentrandosi in particolare sui prodotti dei media per famiglie e bambini; l'istituto ha ottenuto da Google una sovvenzione «Global Impact» nel 2013.)

La visibilità è importante. Numerose ricerche mostrano che chi vede rappresentate in una certa professione poche persone che gli somigliano – in particolare le ragazze e gli studenti di colore – si sente meno accettato e più ansioso di quanto farebbe in una professione più equilibrata per genere o razza; e ciò può dare luogo a pressioni e richieste eccessive e debilitanti. E il risultato finale è che si abbassa il numero di donne e persone delle minoranze che scelgono l'informatica come professione, e rimangono nel settore dopo le prime esperienze.

L'analisi dei Doodle è diventata per noi un'opportunità per imparare qualcosa. Lo shock ci è servito a svegliarci.

Di recente Google ha commissionato un progetto per identificare ciò che spinge le ragazze a scegliere un corso di studi in informatica. I risultati confermano ciò che già sapevamo. L'incoraggiamento di un genitore o di un insegnante è essenziale perché riconoscano le proprie capacità. Hanno bisogno di capire il lavoro in sé e di vederne l'impatto e l'importanza. Hanno bisogno di essere esposte a questo campo, la possibilità di provarci. E, cosa ancora più importante, hanno bisogno di sapere che nel settore tecnologico ci sono opportunità per loro.

Il campo delle professioni informatiche, che è in rapida crescita, ha un enorme bisogno di un rinnovamento della sua immagine e dei suoi personaggi modello. In questo senso, nello scorso giugno Google ha lanciato il programma «Made with Code», che investirà 50 milioni di dollari in tre anni per campagne di marketing e altre iniziative per dare alle ragazze istruzione e accesso all'informatica. Nel 2012 abbiamo lanciato un'associazione professionale, Women Techmakers, allo scopo, fra l'altro, di accrescere la visibilità delle donne e del-

maggiore velocità di reazione quando c'era da associare bianco con gradevole e nero con sgradevole indicava un pregiudizio implicito a favore dei bianchi.

Anche se entrambi i gruppi hanno risposto ai test più in fretta quando dovevano accoppiare «bianco» alle parole «gradevoli», fra i partecipanti allo studio che erano stati esposti all'approccio multiculturale la differenza era minore rispetto a quelli cui era stato dato il materiale favorevole all'indifferenza al colore della pelle. La Richeson, che ora lavora alla Northwestern University, concludeva che le politiche di indifferenza al colore della pelle possono essere controproducenti, e far crescere la tensione razziale finendo per alimentare i pregiudizi impliciti invece di attenuarli. Studi più recenti hanno visto che la prescrizione di ignorare le differenze razziali tende ad accentuare i comportamenti dettati da pregiudizi, sia verbali che d'altro tipo, negli studenti bianchi, e forse per questo motivo, a condurre quelli di colore all'esaurimento cognitivo.

Altri studi mostrano che i nostri pregiudizi possono manifestarsi anche in modo sottile. Nel 2002 alcuni ricercatori hanno misurato gli atteggiamenti razziali impliciti ed espliciti di un gruppo di studenti bianchi, con un questionario e un test basato sul tempo di reazione. Poi hanno messo ciascuno di loro a chiacchierare con uno studente nero su un argomento non direttamente legato alla razza (il corteggiamento). In seguito altri studenti ancora ascoltavano una registrazione audio della conversazione e ne valutavano il carattere amichevole dello scambio verbale; inoltre guardavano video muti del solo partecipante bianco e valutavano il carattere amichevole dei suoi atteggiamenti non verbali. Il risultato: gli studenti le cui conversazioni erano ritenute meno amichevoli avevano anche i punteggi peggiori nei test sui pregiudizi espliciti, mentre quelli che sembravano meno amichevoli in video avevano i risultati peggiori nel test del tempo di reazione: a conferma che, anche quando si pensa di nasconderli, spesso i pregiudizi emergono lo stesso.

Questi indizi non sfuggono alle persone appartenenti ai gruppi sottorappresentati, che possono scoraggiarsi e decidere di abbandonare una carriera o un'azienda. In effetti, indagini effettuate nei campus di vari college suggeriscono che la percezione degli atteggiamenti prevalenti sulla diversità e le esperienze di pregiudizi e discriminazione hanno un ruolo nelle decisioni degli studenti di quei gruppi di evitare o abbandonare un indirizzo di studi verso il campo STEM. Analogamente, nel mondo del lavoro la percezione del livello di accettazione della diversità nelle organizzazioni permette di prevedere quanto sia probabile che le persone provenienti da gruppi sottorappresentati finiscano per lasciarle. Decidere di ignorare il colore della pelle, insomma, può impedire a un'organizzazione di vedere processi che incidono sulla voglia delle persone di impegnarsi produttivamente in esse o andare invece in cerca di altre occasioni.

Brian Welle è direttore del servizio *people analytics* di Google.
Megan Smith è Chief Technology Officer degli Stati Uniti ed ex vice presidente di Google[x].

le minoranze che già lavorano nei team di sviluppo del software e a volte ne sono a capo. Alcune di loro sono tra i più importanti e influenti membri fondatori del settore, il che rafforza il concetto che l'invisibilità è un problema serio.

Il circolo vizioso che tiene le donne e le persone dei gruppi sottorappresentati fuori dalle carriere legate alla tecnologia può avere inizio assai prima del punto in cui possono giungere i programmi educativi. Comincia con i pregiudizi che i bambini apprendono già da piccolissimi e sono rafforzati – spesso inconsapevolmente – da amici, genitori, compagni e mezzi di comunicazione. Sono preconcetti che possono trovare la strada per insinuarsi nel comportamento e nei processi decisionali anche delle persone meglio intenzionate, e possono influire su ragazzi e ragazze nella scelta del percorso di studi e sulle culture aziendali e lavorative che li incoraggiano o li respingono.

Per combattere questi pregiudizi, nel maggio del 2013 Google ha dato il via a un'attività denominata Unconscious Bias («pregiudizio inconscio», che ha l'obiettivo di informare i dipendenti di Google sui pregiudizi – propri e altrui – e dar loro strumenti e consapevolezza per cambiare il proprio comportamento e modificare la cultura aziendale rendendola più inclusiva della diversità dei punti di vista. Negli ultimi due anni oltre 20.000 dipendenti hanno preso parte a un programma di formazione per imparare in modo scientifico a identificare e sradicare i pregiudizi nei processi decisionali sul lavoro e in famiglia.

Anche solo diffondere l'idea che nei campi legati alla tecnologia le cose stanno migliorando per le donne e le minoranze avrà un effetto positivo, a quanto fanno pensare gli studi. Emily Shaffer, della Tulane University, e colleghi hanno recentemente trovato che il semplice atto di leggere un articolo sul fatto che la rappresentanza delle donne nei campi STEM è in aumento migliorava la risposta delle ragazze in prove di matematica e altri compiti, cancellando ogni differenza tra i risultati delle ragazze e quelli dei ragazzi.

Armati di queste ricerche e dell'aver capito che le cose devono cambiare, abbiamo cominciato a cercare partner nei media, personaggi influenti che possono contribuire a cambiare le percezioni dallo schermo televisivo: sceneggiatori, registi, produttori, attori, agenti, dirigenti di case di produzione e altri possibili collaboratori. Abbiamo invitato e ospitato nella nostra sede il gruppo degli sceneggiatori di *Silicon Valley*, una serie di grande successo della HBO, e li abbiamo fatti parlare di innovazione con alcune straordinarie donne dell'alta tecnologia, dando loro (si spera) l'ispirazione per qualche futuro personaggio.

Un'altra cosa che ha detto Gloria Steinem è: «Non pensate a come le donne possono adattarsi al mondo, pensate a fare un mondo adatto alle donne». Il nostro settore sta cominciando a rendersi conto di che cosa significa raccogliere questa indicazione per cambiare e adattare la nostra cultura dell'alta tecnologia e dare più spazio agli innovatori trascurati che sono tra noi. È importante non solo per raccogliere i migliori talenti, ma anche per realizzare prodotti migliori.

Ormai da più di un anno, noi del team dei Doodle di Google ci siamo dati la missione di correggere lo squilibrio ai danni di donne e minoranze nella presenza sulla home page fra i nostri eroi. Fino all'estate, alle donne è stato dedicato il 49 per cento dei 51 Doodle del 2014. Le persone di colore sono state circa il 33 per cento, il che significa che siamo sulla buona strada per superare il 2013, ma c'è ancora spazio per migliorare.

Risvegliato alla realtà dei suoi pregiudizi inconsci, il settore della tecnologia può trovare nella sua cultura dell'innovazione la possibilità di porsi alla testa del cambiamento. Sta a noi vedere la realtà e contribuire a migliorarla. La nostra attenzione ci servirà a scoprire, verificare, innovare, mettere alla prova in piccolo e poi applicare su più larga scala le soluzioni ai debiti contratti dalla nostra cultura.

Non è detto che per i gruppi che abbandonano le politiche «daltoniche» tutto vada bene. Ma abbracciare le differenze senza ricadere in stereotipi o incasellare le persone sembra essere una via promettente per ottenere la diversità. In un recente intervento alla Northwestern University di Nicole M. Stephens e colleghi, alcuni studenti del primo anno (il gruppo sperimentale) hanno assistito a un dibattito in cui altri studenti parlavano delle proprie esperienze *attirando l'attenzione sulle differenze*; in questo caso, la loro condizione di figli di genitori non laureati. Altri (il gruppo di controllo) hanno assistito a una discussione in cui quella differenza era ignorata.

Entrambe le discussioni offrivano consigli, ma il dibattito su ostacoli e strategie del gruppo «delle differenze» era esplicitamente collegato alla classe sociale di provenienza. Cosa ancora più importante, questo dibattito sottolineava la differenza in termini costruttivi e di sostegno, senza trattarla come un difetto. Il risultato di questo intervento di un'ora è stato la riduzione del 63 per cento, alla fine del primo semestre, della differenza nei risultati accademici fra gli studenti di prima generazione e quelli di generazioni successive.

Rafforzare l'appartenenza

È facile pensare che la scienza è scienza, e chiunque, purché debitamente preparato e motivato, possa entrare nel club; ma la verità è più complessa. Le ricerche di psicologia sociale suggeriscono che per gli studenti sottorappresentati il senso di appartenenza ha un'importanza cruciale nel determinare partecipazione e risultati.

Nel 2011 Gregory M. Walton e Geoffrey L. Cohen, entrambi alla Stanford University, hanno recentemente deciso di mettere alla prova questa osservazione su un gruppo di quasi 100 matricole di un «college di élite» (non nominato nella loro pubblicazione). Metà di esse (il gruppo sperimentale) leggeva testimonianze di studenti più grandi che raccontavano di aver incontrato anch'essi difficoltà di inserimento sociale al primo anno, di essersi chiesti se queste esperienze indicassero che quel college non era il posto giusto per loro, ma che alla fine erano arrivati a sentirsi inseriti. All'altro gruppo (quello di controllo) venivano date informazioni non specifiche sul cambiamento degli atteggiamenti sociali e politici. Tre anni dopo l'intervento i ricercatori hanno verificato i progressi accademici degli studenti. Essersi trovati nell'uno o nell'altro gruppo non aveva fatto una gran differenza nella carriera accademica degli studenti bianchi. Gli studenti neri del gruppo sperimentale, invece, avevano ottenuto risultati accademici significativamente migliori rispetto a quelli del gruppo di controllo – dimezzando il divario fra i due gruppi razziali osservato all'inizio dello studio. Ovviamente, osservano Walton e Cohen, un simile intervento potrebbe non funzionare in un ambiente apertamente ostile.

L'importanza critica dello sviluppo di un senso di appartenenza può forse spiegare come mai college e università storicamente neri producano tradizionalmente molti più laureati neri nei campi STEM. Le scuole (e le sedi di lavoro) prevalentemente bianche incontrano significative difficoltà nel creare un ambiente inclusivo e accogliente, ma ci sono metodi per farlo.

Nel campo dell'informatica, per esempio, in tutti gli Stati Uniti sono spuntati organismi senza fini di lucro per insegnare ai giovani sottorappresentati le tecniche di programmazione. Fra gli altri citiamo Code2040, The Hidden Genius Project, Black Girls Code, Code Now e Girls Who Code. È degno di nota che il denominatore comune di questo genere di programmi è che non insegnano solo utili competenze e promuovono opportunità di studio e di lavoro ma in più rafforzano il senso di appartenenza, incoraggiano la collaborazione e mettono l'accento su applicazioni collegate alla vita degli studenti e alle loro comunità.

Questi sforzi arrivano a preoccuparsi persino dell'aspetto degli ambienti. Nel 2009 i miei colleghi e io abbiamo visto che cambiare il tipo di oggetti presenti in un'aula di informatica da quelli legati allo stereotipo del *geek* (poster di Star Trek, cibo spazzatura e lattine di bevande frizzanti) a cose più neutre (poster naturalistici, boccali da caffè e bottiglie d'acqua) era sufficiente a elevare l'interesse delle studentesse per la materia fino al livello dei maschi. Un diverso studio, analogamente, ha mostrato che sottolineare come la scienza è un'impresa collaborativa e non un impegno esclusivamente solitario faceva aumentare l'inclinazione delle donne per la carriera scientifica.

Passare all'azione

Tutto qui, dunque? Basterà riconoscere le differenze tra le persone e farle sentire accettate perché partecipino alla scienza in modo stabile? Le ricerche di sociologia delle organizzazioni propongono una terza componente essenziale: il modo in cui è strutturato l'impegno verso la diversità all'interno dell'organizzazione.

Frank Dobbin, della Harvard University, Alexandra Kalev, oggi all'Università di Tel Aviv, e colleghi, hanno analizzato le iniziative prese in tema di diversità in centinaia di aziende degli Stati Uniti nel corso di trent'anni. Hanno trovato che le organizzazioni che avevano nominato un responsabile della diversità avevano poi fatto meglio nell'impiegare dirigenti provenienti da gruppi sottorappresentati.

Abbracciare le differenze senza ricadere in stereotipi o incasellare le persone sembra una strategia promettente per raggiungere la diversità

Un responsabile della diversità a tempo pieno dà luogo, in media, a un aumento del 15 per cento della proporzione di neri, donne e uomini nei ranghi direttivi in tempi compresi tra i cinque e i sette anni circa. Analogamente, le aziende che istituiscono uno specifico gruppo d'azione che dovrà rispondere dell'incremento della diversità in azienda vedono un significativo incremento del numero di uomini e donne neri, latino-americani e statunitensi di origine asiatica, e di donne bianche, presenti nella dirigenza.

Le ricerche mostrano che assumere responsabili della diversità e lanciare gruppi d'azione per la diversità accresce l'efficacia di altri programmi, come possono essere le reti fra gruppi di dipendenti che aiutano le persone di gruppi sottorappresentati a sentirsi meno isolate, e i comitati per la diversità su questioni specifiche, come conservazione e sviluppo dei dipendenti di tali gruppi. Molti studi, inoltre, fra cui quello di Dobbin e Kalev, mostrano che anche i programmi di reclutamento mirati servono a far crescere la diversità fra i dipendenti.

Per evitare che qualcuno pensi però che solo le iniziative a livello di sistema facciano la differenza – un'opinione comune, legata all'ultima delle zone cieche che voglio affrontare in questo

articolo – Dobbin, Kalev e altri hanno mostrato che i più efficaci nell'accrescere il numero di donne, bianche e nere, e di uomini e donne di origine latino-americana o asiatica fra i dirigenti sono i programmi di affiancamento (*mentoring*). L'incremento della proporzione di alcuni di questi gruppi fra i manager, dopo il lancio di quei programmi, ha raggiunto quasi il 40 per cento.

Analogamente non si può non sottolineare il ruolo di un buon mentore nel campo della formazione scientifica, dove le opportunità di coinvolgimento nei laboratori e di essere informati delle possibilità di proseguire gli studi passano spesso attraverso queste figure, che possono contribuire a consolidare appunto il senso di appartenenza.

Nel suo libro intitolato *Whistling Vivaldi*, l'afroamericano Claude Steele, psicologo sociale e *provost* dell'Università della California a Berkeley, racconta come, quando studiava per conseguire il dottorato alla Ohio State University, il docente che lo seguiva, un professore bianco, lo abbia sempre trattato in un modo che gli faceva sentire che quello era il suo posto – come studioso – anche in un ambiente che per altri versi sembrava piuttosto respingerlo: «Aveva fiducia in me come degno collaboratore. In qualche modo, in ciò che per lui significava fare lo scienziato c'ero dentro almeno potenzialmente anch'io: un collega di valore. La mia identità, razziale e di classe, per lui non rappresentava un ostacolo».

Vale la pena di notare che responsabili della diversità, reclutamento mirato e affiancamento risultano più efficaci di iniziative molto più diffuse, come l'educazione alla diversità e le valutazioni della performance in tema di diversità. Dobbin, Kalev e colleghi suggeriscono il seguente motivo: le prime tre tecniche, le meno diffuse, impegnano i dirigenti nel cercare problemi e soluzioni in tema di diversità, invece di metterli sotto accusa.

Questi programmi non producono grandi cambiamenti da soli, ma fanno crescere le possibilità di accrescere la diversità, purché non si riducano a mere iniziative simboliche. Ci vogliono dipendenti cui viene data la responsabilità, e la necessaria autorità istituzionale, di «produrre» diversità. Un buon esempio di programma complessivo di interventi di reclutamento e formazione di studenti universitari di gruppi sottorappresentati nei campi STEM è il Meyerhoff Scholars Program attuato all'Università del Maryland a Baltimora. Mette insieme 14 diverse componenti, e ha avuto particolare successo nell'incrementare il numero dei laureati scientifici afroamericani. Un altro, formatosi di recente, è la California Alliance for Graduate Education and the Professoriate (una partnership tra le sedi di Berkeley e di Los Angeles dell'Università della California, la Stanford University e il California Institute of Technology), che punta ai gruppi sottorappresentati nel mondo accademico. Per di più, si è costituito in base ai principi ricavati dalla ricerca nelle scienze sociali, e ha in programma di analizzare l'efficacia delle varie iniziative. (Di questo tipo di dati provenienti «dal mondo reale» c'è carenza. E neppure c'è un archivio centrale delle ricerche o un sistema con cui i diversi gruppi – e in particolare quelli dell'accademia e quelli delle imprese – possono comunicare e collaborare a proposito di che cosa sia più efficace.)

Tanto per le organizzazioni scientifiche che per le altre, per ottenere buoni risultati è necessario capire più a fondo come funziona la diversità. Anche quando gli obiettivi vengono fissati con la massima sincerità, preoccuparsi non basta. È vero che non ci sono ricette semplici o perfette per tradurre questi sentimenti in azioni e risultati; ma le organizzazioni hanno maggiori probabilità di attirare e mantenere talenti diversi quando si propongono con abilità e perseveranza, alimentano il senso di appartenenza e nominano qualcuno che tenga d'occhio la situazione, e se ne prenda la responsabilità. ■

PER APPROFONDIRE

Diversity Management in Corporate America. Dobbin F., Kalev A. e Kelly E., in «Contexts», Vol. 6, n. 4, pp. 21-27, novembre 2007.

Does Female Representation in Top Management Improve Firm Performance? A Panel Data Investigation. Dezsö C.L. e Gaddis Ross D. in «Strategic Management Journal», Vol. 33, n. 9, pp. 1072-1089, settembre 2012.

Clash! 8 Cultural Conflicts That Make Us Who We Are. Markus H.R. e Conner A., Hudson Street Press, 2013.

Diversity Science and Institutional Design. Plaut V.C., in *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences* (in stampa).

The Implicit Prejudice. Lehrman S., in «Scientific American», giugno 2006.

COSMOLOGIA

Il big bang e tutto quello che ne è derivato sono un miraggio olografico da un'altra dimensione?

Il buco nero al principio del tempo

di Niayesh Afshordi, Robert B. Mann e Razieh Pourhasan

Niayesh Afshordi si occupa di astrofisica, cosmologia e fisica della gravità all'Università di Waterloo e al Perimeter Institute for Theoretical Physics.

Robert B. Mann è professore di fisica e astronomia all'Università di Waterloo e associato al Perimeter Institute.

Razieh Pourhasan ha ottenuto il dottorato all'Università di Waterloo, è assegnista di ricerca all'Università dell'Islanda.

Nella sua allegoria della caverna Platone descrisse un gruppo di prigionieri che avevano trascorso l'intera vita incatenati alla parete di una grotta buia. Alle spalle dei prigionieri c'è una fiamma, e tra la fiamma e gli sventurati sfilano oggetti la cui ombra si proietta su una parete visibile ai prigionieri. Queste ombre bidimensionali sono le uniche cose che abbiano mai visto: la loro unica realtà. I ceppi impediscono loro di percepire il mondo reale, un universo che ha una dimensione in più rispetto a quello che conoscono, una dimensione ricca di complessità e, all'insaputa dei prigionieri, in grado di spiegare tutto quello che vedono. Platone aveva capito qualcosa.

Tutti noi potremmo vivere in una gigantesca caverna cosmica che si sarebbe formata nei primissimi istanti di esistenza. Di solito si dice che l'universo cominciò a esistere durante una grande esplosione, il big bang, che partì da un punto infinitamente denso. Ma secondo i calcoli che abbiamo effettuato di recente possiamo far risalire l'inizio dell'universo a un'epoca precedente il big bang, un'era con una dimensione spaziale in più. Questo protouniverso potrebbe aver lasciato tracce visibili che imminenti osservazioni astronomiche potranno svelare.

A noi sembra che l'universo esista in tre dimensioni spaziali e una temporale: una geometria che chiameremo «universo tridimensionale». Nel nostro scenario questo universo tridimensionale è solo l'ombra di un universo con quattro dimensioni spaziali. Per la precisione, il nostro intero universo avrebbe cominciato a esistere durante un'implosione stellare di questo sovrauniverso, un'implosione che creò un guscio tridimensionale attorno a un buco nero quadridimensionale. Il nostro universo è quel guscio.

Perché mai ipotizziamo qualcosa che suona così assurdo? Abbiamo due motivi. Primo, le nostre idee non sono pure speculazioni, ma sono saldamente radicate nella matematica che descrive lo spazio e il tempo.

Nel corso dell'ultima ventina d'anni i fisici hanno sviluppato una ricca teoria olografica, un insieme di strumenti matematici che permettono di tradurre descrizioni di eventi in una dimensione nella fisica di un'altra dimensione. Per esempio, è possibile risolvere equazioni di dinamica dei fluidi in due dimensioni e usare queste soluzioni per capire che cosa accade in un sistema molto più complesso, come la dinamica di un buco nero tridimensionale. Dal punto di vista matematico, le due descrizioni sono intercambiabili; il fluido è un analogo perfetto dello straordinario buco nero.

Il successo dell'olografia ha convinto molti scienziati che all'opera ci sia qualcosa in più rispetto a una semplice trasformazione matematica. Forse i confini tra le dimensioni sono meno stabili di quanto pensassimo; forse le regole del cosmo sono scritte in un altro insieme di dimensioni e poi tradotte nelle tre che percepiamo; forse, come i prigionieri di Platone, le circostanze ci hanno spinto a credere che il mondo sia tridimensionale quando in real-

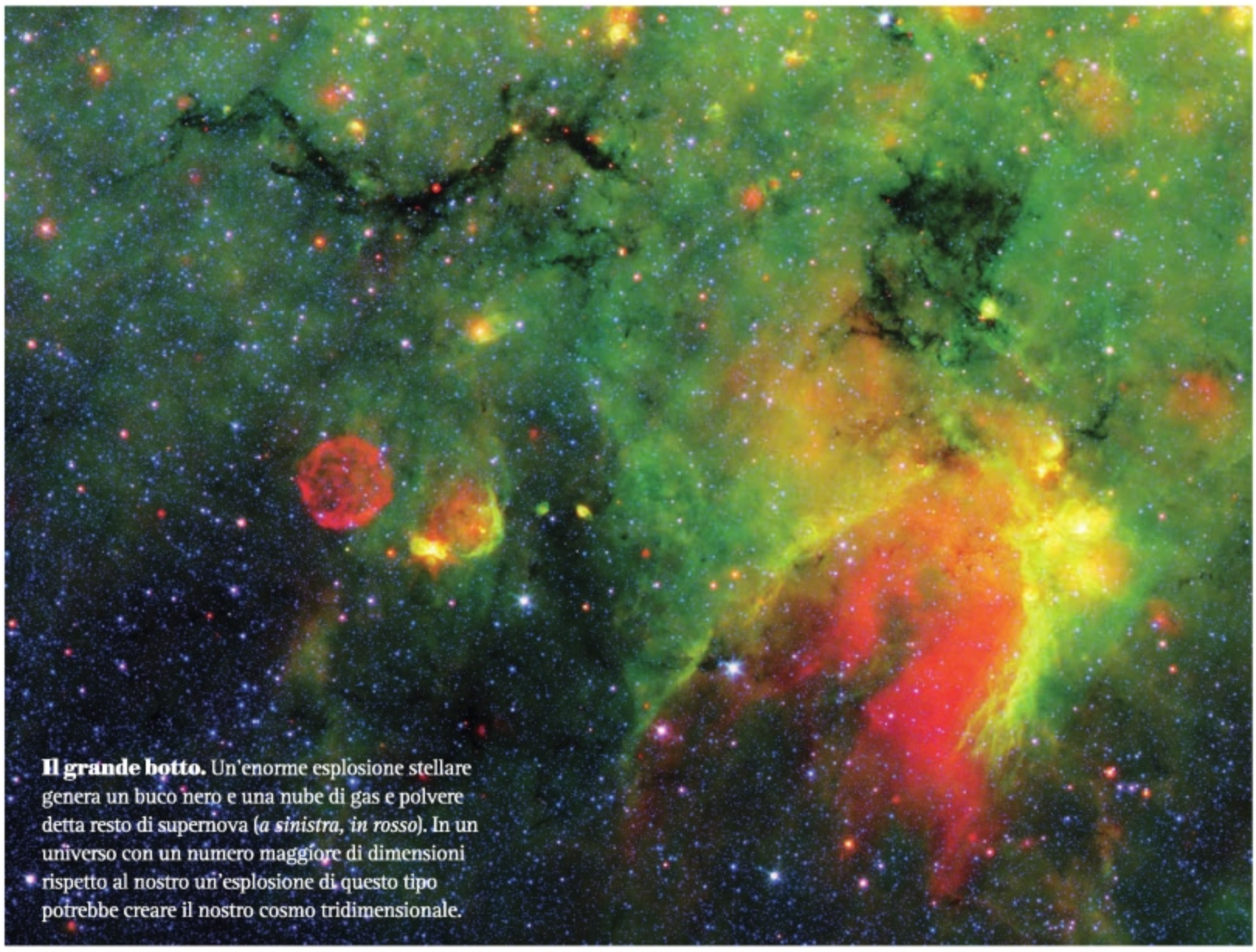
IN BREVE

I cosmologi danno una descrizione accurata della storia dell'universo. Ma alcune domande sono ancora senza risposta.

Uno di questi misteri è la natura del big bang stesso, l'origine violenta e improvvisa del nostro universo da un punto di densità infinita.

Gli autori hanno sviluppato idee che spiegherebbero come si sia arrivati al big bang. Lo visualizzano come conseguenza della formazione di un buco nero in un universo con un numero di dimensioni più grande. Questa teoria fornisce risposte a vari problemi difficili ed è verificabile.

Pagine precedenti: Mark Garlick/Getty Images (*illustrazione artistica di buco nero*)



Il grande botto. Un'enorme esplosione stellare genera un buco nero e una nube di gas e polvere detta resto di supernova (*a sinistra, in rosso*). In un universo con un numero maggiore di dimensioni rispetto al nostro un'esplosione di questo tipo potrebbe creare il nostro cosmo tridimensionale.

Cortesia NASA/JPL-Caltech

tà otterremo una conoscenza più profonda di quello che percepiamo solo nel momento in cui cercheremo spiegazioni nella quarta dimensione.

Il secondo motivo per cui vale la pena riflettere sul nostro universo quadridimensionale è che studiare da vicino questo universo ci potrà aiutare a capire questioni profonde su origini e natura del cosmo. Pensiamo per esempio al big bang, il lampo primordiale che ha fatto nascere il nostro universo. Secondo la cosmologia attuale, il big bang fu immediatamente seguito dalla cosiddetta inflazione, un periodo di rapida espansione dello spazio in cui l'universo delle origini aumentò il proprio volume di un fattore 10^{78} (o più). Ma questa espansione non dice nulla sulle cause del big bang. Il nostro universo quadridimensionale, invece, dà una spiegazione del mistero fondamentale: da dove deriva il nostro universo?

Il cosmo noto e quello ignoto

Le nostre ricerche sull'universo quadridimensionale sono iniziate a causa dei problemi che avevamo nello studio di quello tridimensionale. Alla cosmologia attuale dobbiamo risultati fenomenali, ma i suoi successi celano misteri profondi e complessi che potrebbero avere una spiegazione in termini olografici.

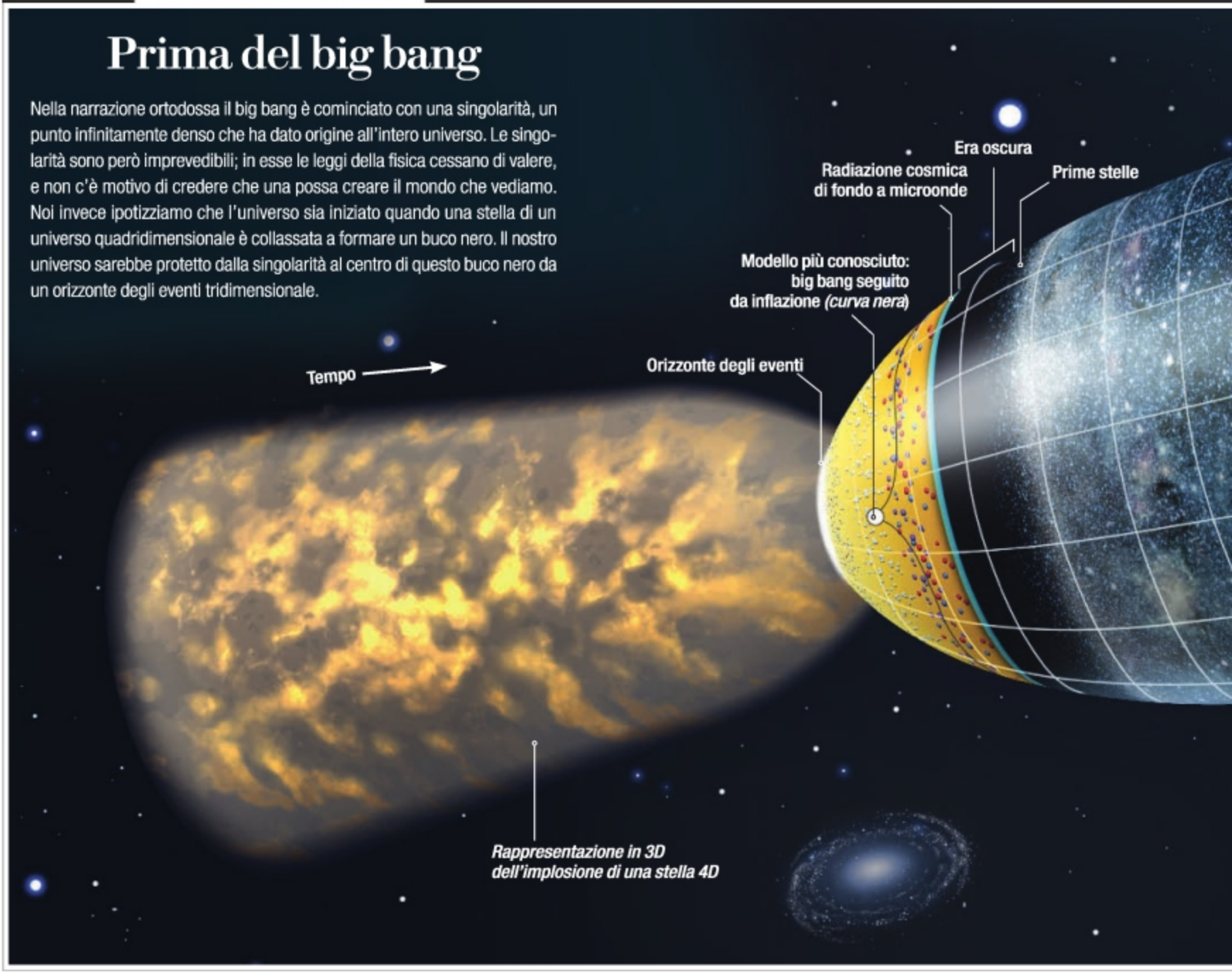
I cosmologi possono descrivere la storia dell'intero universo – dal momento attuale, indietro nel tempo fino a una frazione di una frazione di secondo dopo il big bang – usando solo poche equazioni (*in primis* quelle che dobbiamo ad Albert Einstein) e cinque parametri, cioè numeri indipendenti. Questi parametri includono le densità di materia ordinaria, materia oscura ed energia oscura (fra poco ci torniamo su), insieme a forma delle fluttuazioni quantistiche dell'universo delle origini. Questo modello – il paradigma cosmologico Lambda Cold Dark Matter (Λ-CDM) – è coerente con centinaia (se non migliaia) di dati osservativi, che vanno dalla scala di 1 milione di anni luce a quella di 10 miliardi, fino alla periferia del nostro universo osservabile. Ma questi successi non significano che il problema sia risolto. La storia del nostro universo è costellata di lacune problematiche. Dobbiamo confrontarci con domande fondamentali sulla natura del cosmo: problemi che non siamo ancora in grado di risolvere.

Problema 1: Non capiamo i cinque parametri.

Consideriamo la densità di materia ed energia nell'universo. Appena pochi decenni fa gli astronomi credevano che la materia ordinaria – gli elementi che formano la tavola periodica – fosse la forma dominante di massa-energia. Le osservazioni cosmologiche hanno riformato radicalmente questo modo di vedere le cose (e strada facendo hanno portato a tre premi Nobel). Adesso sappiamo che la densità della materia ordinaria costituisce appena il 5 per cento della densità di energia totale dell'universo. Un altro 25 per cento è dato dalla materia oscura, una forma ignota di materia la cui esistenza è dedotta dalla sua attrazione gravitazionale. E il 70 per cento dell'universo è formato da energia oscura, la sostanza misteriosa che fa sì che il tasso di espansione del nostro univer-

Prima del big bang

Nella narrazione ortodossa il big bang è cominciato con una singolarità, un punto infinitamente denso che ha dato origine all'intero universo. Le singolarità sono però imprevedibili; in esse le leggi della fisica cessano di valere, e non c'è motivo di credere che una possa creare il mondo che vediamo. Noi invece ipotizziamo che l'universo sia iniziato quando una stella di un universo quadridimensionale è collassata a formare un buco nero. Il nostro universo sarebbe protetto dalla singolarità al centro di questo buco nero da un orizzonte degli eventi tridimensionale.



so aumenti (invece di diminuire, come ci si aspettava inizialmente per via dell'attrazione gravitazionale). Che cosa sono materia oscura ed energia oscura, e perché formano rispettivamente il 25 e il 70 per cento dell'universo? Non lo sappiamo.

Forse avremmo delle risposte se capissimo meglio il big bang, l'origine improvvisa dello spazio e del tempo in un plasma caldo di radiazioni e particelle a una temperatura di più di 10^{27} gradi. È molto difficile immaginare come una situazione quale l'universo negli istanti successivi al big bang possa condurre a ciò che osserviamo oggi: un cosmo con una temperatura quasi uniforme e una curvatura spaziale che su larga scala è piatta (cioè la somma degli angoli dei triangoli è pari a 180 gradi).

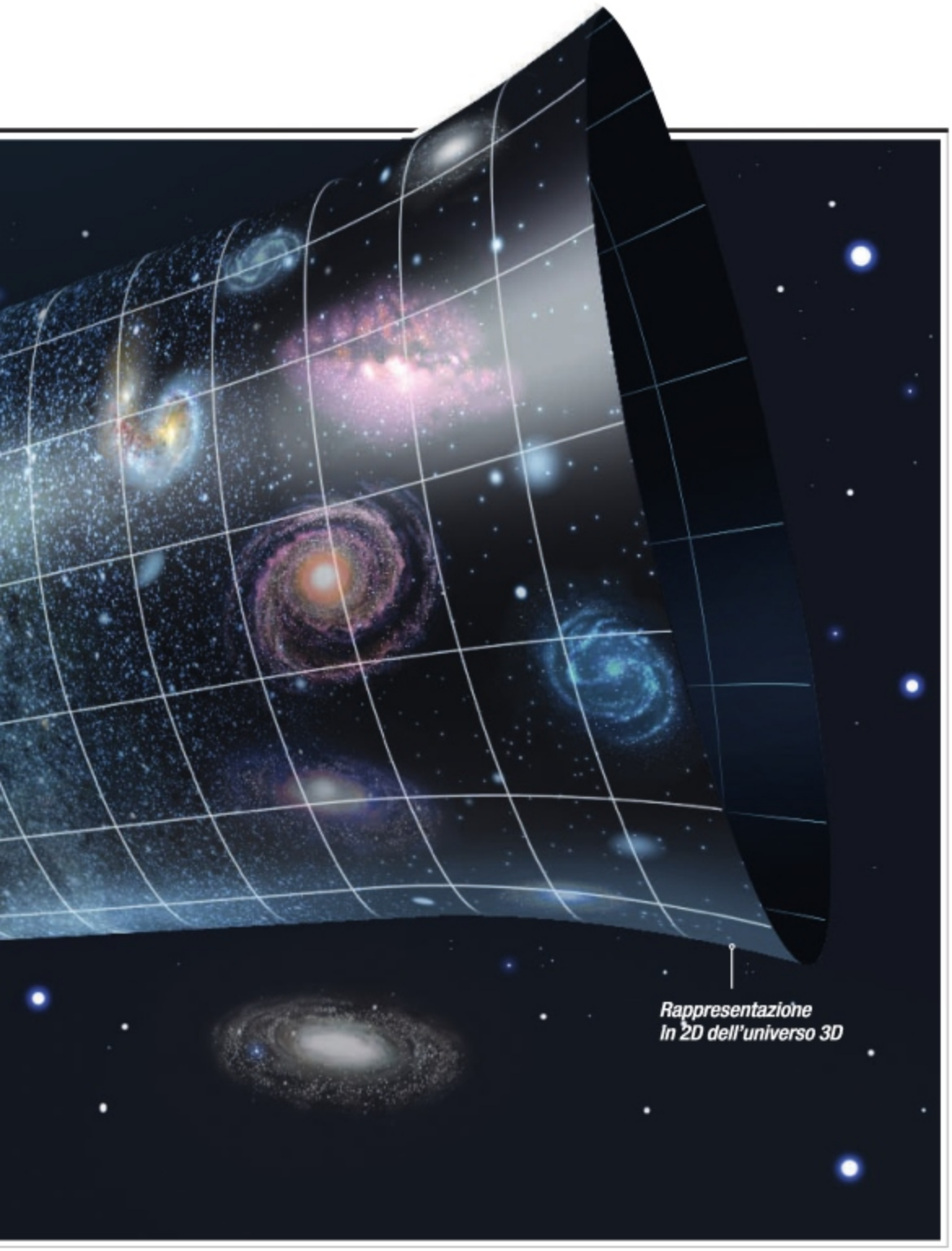
L'inflazione cosmica potrebbe essere l'idea migliore che abbiamo per capire la struttura dell'universo su larga scala. L'inflazione tenderebbe ad «appiattire» l'universo, distendendo le regioni curve dello spazio-tempo e portandolo a una temperatura costante. Inoltre, come una lente d'ingrandimento cosmica, l'inflazione amplifica le minuscole fluttuazioni quantistiche della densità di energia fino a portarle a dimensioni cosmiche. Queste fluttuazioni, a loro volta, diventano i germi della crescita di strutture come galassie, stelle, pianeti e persino organismi viventi come noi stessi.

In genere l'inflazione è considerata un paradigma di grande successo (*si veda il box qui sopra*). Da decenni i cosmologi verificano le previsioni di questa teoria osservando la radiazione cosmica di fondo a microonde (CMB), una registrazione cosmica delle fluttuazioni di densità dell'universo primordiale. Osservazioni recenti da parte del satellite Planck dell'Agenzia spaziale europea confermano che il nostro universo è piatto (o quasi) e che è uniforme fino ad almeno una parte su 60.000, due delle previsioni fondamentali dell'inflazione. Inoltre, ampiezza e forma osservate nelle fluttuazioni della materia primordiale sono complessivamente coerenti con quello che ci possiamo aspettare dal modo in cui l'inflazione ingrandirebbe il vuoto quantistico.

Problema 2: Non capiamo veramente l'inflazione.

Ci potremmo chiedere che cosa abbia alimentato questa inflazione, che ha richiesto una quantità enorme di energia. Ipotizziamo che, poco dopo il big bang, l'universo fosse pieno di energia sotto forma di una particella ipotetica chiamata inflatone. Il bosone di Higgs, scoperto di recente al Large Hadron Collider del CERN vicino a Ginevra, ha molte proprietà simili all'inflatone per come è stato ipotizzato, ed è quindi un possibile candida-

Illustrazione di George Retseck



to. L'inflatone sarebbe responsabile sia dell'espansione accelerata iniziale sia della struttura del nostro universo, perché le uniche differenze significative di densità nell'universo delle origini sono provocate dalle minuscole fluttuazioni quantistiche dell'energia del campo dell'inflatone.

Tuttavia, l'inflatone non risolve i nostri problemi: si limita a spostarli indietro di un passo. Non conosciamo le proprietà dell'inflatone, né le sue origini, né come trovarlo. Non siamo neppure sicuri che esista davvero.

Inoltre i fisici non sanno come sia possibile porre fine in modo spontaneo all'inflazione, il cosiddetto problema della *grateful exit*. Se c'è un campo di energia che mette in moto un universo in espansione esponenziale, che cosa può spegnere improvvisamente il campo? Non abbiamo neanche una spiegazione soddisfacente per l'origine dei cinque parametri che compaiono nel modello Λ-CDM, alcuni dei quali devono essere calibrati con enorme precisione per essere in accordo con le osservazioni. E ci manca una descrizione utile della storia del nostro universo prima dell'epoca dell'inflazione, ovvero in quei primi miliardesimi di miliardesimi di miliardesimi di miliardesimi di miliardesimi di miliardesimi di secondo dopo il big bang.

Problema 3: Non capiamo come è cominciato tutto.

Il principale problema della cosmologia è la comprensione del big bang stesso, l'emergere improvviso e violento di tutto lo spazio, il tempo e la materia da un punto infinitamente denso detto singolarità. Una singolarità è una cosa incomprensibilmente bizzarra, un punto in cui lo spazio e il tempo si ripiegano su se stessi rendendo impossibile distinguere il futuro dal passato. Tutte le leggi della fisica vengono meno. Una singolarità è un universo senza ordine né regole. Da una singolarità non può venire fuori nulla che non violi la logica; non abbiamo motivi per pensare che una singolarità genererebbe un universo ordinato come quello che osserviamo.

Ci aspetteremmo che l'emergere di un universo da una singolarità sia caotico in modo inimmaginabile, contraddistinto da enormi fluttuazioni di temperatura da un punto all'altro. Inoltre l'effetto ingranditore dell'inflazione potrebbe non tendere a uniformare tutto; anzi, se queste fluttuazioni sono troppo ampie l'inflazione potrebbe non cominciare neppure. Il problema di una singolarità non si può risolvere semplicemente con l'inflazione.

Le singolarità sono strane, ma ci sono familiari. Formano anche il centro dei buchi neri, i resti collassati di stelle gigantesche. Tutte le stelle sono fornaci nucleari che fondono elementi leggeri (soprattutto idrogeno) e ne formano di più pesanti. Questa fusione nucleare alimenta la stella per quasi tutta la vita, ma alla fine la stella esaurisce il suo combustibile e la gravità prende il sopravvento. Una stella che abbia almeno dieci volte la massa del Sole collasserà su se stessa e poi esploderà in forma di supernova. Se la stella è addirittura più grande – da 15 a 20 masse solari o anche di più – la supernova si lascerà dietro un nucleo denso che subirà un collasso fuori controllo, fino a contrarsi in un punto privo di dimensioni, un buco nero. Possiamo pensare ai buchi neri come a regioni di spazio da cui non può sfuggire neppure la luce. Dato che la velocità della luce è la massima raggiungibile da qualsiasi forma di materia, il confine di un buco nero – una superficie bidimensionale detta orizzonte degli eventi – è un punto di non ritorno: una volta che la materia stellare (o qualsiasi altra cosa) cade all'interno di questo confine, rimane tagliata fuori dal resto dell'universo ed è attratta inesorabilmente verso la singolarità al centro.

Come nel caso del big bang, le leggi della fisica vengono meno anche in questa singolarità. A differenza del big bang, però, un buco nero è circondato da un orizzonte degli eventi, che si comporta un po' come un involucro opaco: impedisce che qualsiasi informazione sulla singolarità passi all'esterno. L'orizzonte degli eventi del buco nero scherma gli osservatori esterni dagli effetti catastroficamente imprevedibili della singolarità (una situazione detta censura cosmica).

Nascosta dall'orizzonte degli eventi, la singolarità è resa impo-

Sussurri dal big bang?

Le tracce rilevate dalla collaborazione BICEP-Keck non sarebbero dovute a onde gravitazionali primordiali, anche se ancora non è detta l'ultima parola

A parte le tremende condizioni meteo che prolungavano un inverno insolitamente freddo, la seconda settimana di marzo era iniziata come qualsiasi altra. Ma a quel punto nella comunità dei cosmologi erano cominciate a girare voci su un annuncio imminente dalla Harvard University. Entro il fine settimana le voci avevano raggiunto Facebook, Twitter e i blog, e compariva qualche dettaglio: non era un annuncio ordinario, ma qualcosa che, se confermato, sarebbe accaduto una volta nella vita, qualcosa che molti di noi sognavano di vedere con un po' di fortuna non prima di qualche decennio e forse neppure allora.

Lunedì 17 marzo 2014 la collaborazione BICEP-Keck, che impiega una schiera di telescopi per le microonde al Polo Sud ha annunciato la scoperta di schemi nella polarizzazione del fondo cosmico a microonde che potrebbero essere stati generati ai primordi dell'universo. Se questa interpretazione delle osservazioni fosse corretta, confermerebbe una previsione formulata trent'anni fa dalla teoria dell'inflazione cosmica: i modelli più semplici di inflazione possono generare un livello osservabile di onde gravitazionali, confrontabile con fluttuazioni di densità o temperatura nell'universo delle origini. Sarebbe anche la prima prova diretta della natura quantistica della gravità, il problema principale della fisica teorica dell'ultimo secolo.

D'altronde nella scienza, come nella vita, di rado le cose sono semplici come appaiono. Per esempio i semplici modelli inflazionari che prevedono livelli osservabili di onde gravitazionali suggeriscono anche che il satellite Planck dell'Agenzia spaziale europea avrebbe dovuto rilevare indizi di queste onde nelle fluttuazioni della temperatura che osserva. Ma non è avvenuto. Inoltre l'emissione nelle microonde dalla polvere della nostra galassia tende a essere polarizzata, il che può confondere le osservazioni di BICEP-Keck, almeno in qualche misura.

Che cosa significa questo per la nostra teoria olografica del big bang? Le osservazioni dell'universo delle origini sono limitate a una manciata di sonde. A ottobre il gruppo di ricerca di Planck ha pubblicato nuovi dati secondo cui molto probabilmente il segnale rilevato da BICEP-Keck è dovuto alla polvere intergalattica, e presto si faranno sentire anche altri gruppi. Ricostruire i primi momenti dell'universo è un'impresa difficile. Solo con il tempo, e magari con un po' di fortuna, sapremo come è cominciato tutto.

tente. I suoi effetti preoccupanti non possono sfuggire, il che rende possibile alle leggi della fisica descrivere e prevedere tutto ciò che osserviamo. Visto da lontano, un buco nero è una struttura molto semplice, liscia e uniforme, che si può descrivere semplicemente con la sua massa e il suo momento angolare (e la carica elettrica, se ne è dotato). I fisici dicono per scherzo che i buchi neri sono privi di capelli, cioè di qualsiasi tratto caratteristico al di là di massa, momento angolare e carica elettrica.

Al contrario, la singolarità del big bang (come è concepita usualmente) non è celata; non ha nessun orizzonte degli eventi. Ci piacerebbe avere un modo per proteggerci dalla singolarità del big bang e dalla sua catastrofica imprevedibilità, magari con qualcosa di simile a un orizzonte degli eventi.

Noi abbiamo proposto proprio uno scenario del genere, uno che trasformi il big bang in un miraggio cosmico. Il nostro scenario nasconderebbe la singolarità del big bang proprio come un orizzonte degli eventi nasconde la singolarità al centro di un buco nero. Tutto questo ci proteggerebbe dagli effetti volubili e dannosi della singolarità.

Collasso extradimensionale

Una schermatura del genere sarebbe diversa da un normale orizzonte degli eventi in un modo fondamentale. Dato che percepiamo il nostro universo come dotato di tre dimensioni spaziali, anche l'orizzonte degli eventi che scherma la singolarità nel cuore del big bang dovrebbe avere tre dimensioni spaziali, e non solo due. Se immaginiamo che questo orizzonte degli eventi sia a sua volta effetto di un collasso cosmico – così come quello bidimensionale di un buco nero deriva dal collasso di una stella tridimensionale – allora il collasso dovrebbe avvenire in un universo con quattro dimensioni spaziali.

Questo tipo di scenario extradimensionale, in cui il numero di dimensioni dello spazio è più grande delle solite tre, è un'idea vecchia quanto la relatività generale. Fu proposto originariamente da Theodor Kaluza nel 1919 e poi ampliato da Oskar Klein negli anni venti. La loro idea venne dimenticata per più di mezzo secolo, prima di essere ripresa negli anni ottanta dai fisici che studiavano la teoria delle stringhe. Più di recente è stata usata per costruire una cosmologia dei cosiddetti «mondi-brana».

L'idea base di un mondo-brana è che il nostro universo tridimensionale sia un sottouniverso immerso in uno spazio più grande, con quattro o più dimensioni spaziali. L'universo tridimensionale è detto «brana», mentre quello più grande è detto *bulk*. Tutte le forme note di materia ed energia aderiscono alla nostra brana tridimensionale come un film proiettato allo schermo (o la realtà fatta di ombre per i prigionieri nella caverna di Platone). L'eccezione è la gravità, che permea tutto il bulk di dimensione superiore.

Pensiamo a questo sovrauniverso bulk con quattro dimensioni spaziali che potrebbe essere esistito prima del big bang. Possiamo immaginare che fosse pieno di oggetti come stelle e galassie quadridimensionali; queste stelle di dimensione più elevata potevano a loro volta esaurire il combustibile, proprio come le nostre tridimensionali, e collassare formando buchi neri.

Che aspetto avrebbe un buco nero quadridimensionale? Avrebbe anch'esso un orizzonte degli eventi, una superficie da cui nulla torna indietro, compresa la luce. Ma invece di essere una superficie bidimensionale, come nei buchi neri abituali, un buco nero quadridimensionale genererebbe un orizzonte degli eventi con tre dimensioni spaziali.

Anzi, grazie a un modello che descrive la morte per collasso di una stella quadridimensionale abbiamo scoperto, in numerose circostanze, che il materiale espulso dal collasso stellare può formare una 3-brana in lenta espansione che circonda questo orizzonte degli eventi tridimensionale. Questa 3-brana è il nostro universo: si tratta di una specie di ologramma del collasso di una

Polo oscuro. I telescopi al Polo Sud cercano indizi sui primi istanti dell'universo.

Cortesia Steffen Richter/Harvard University

stella quadridimensionale che diventa un buco nero. In questo modo, la singolarità cosmica del big bang rimane nascosta ai nostri occhi, racchiusa per sempre dietro a un orizzonte degli eventi tridimensionale.

Le cose stanno così?

Il nostro modello ha molti elementi a suo favore, a partire dal fatto che elimina la singolarità nuda che avrebbe dato luogo all'universo. Ma che ne è degli altri classici problemi cosmologici, come il fatto che il cosmo è quasi piatto ed estremamente uniforme? Dato che l'universo bulk quadridimensionale potrebbe essere esistito nel passato per un tempo infinitamente lungo, qualsiasi punto più caldo o più freddo del bulk avrebbe avuto tutto il tempo per raggiungere l'equilibrio. L'universo bulk sarebbe omogeneo e il nostro universo 3-brana ne avrebbe ereditato l'omogeneità. In più, dato che anche il buco nero quadridimensionale apparirebbe quasi privo di caratteristiche («privo di capelli»), il nostro universo 3-brana emergente sarebbe analogamente omogeneo. Più grande è stata la massa della stella quadridimensionale, più piatta è la 3-brana, in modo che la piattezza del nostro universo è una conseguenza dell'essere un residuo del collasso di una stella pesante.

Così il nostro modello di big bang olografico non solo risolve i principali rompicapi dell'uniformità e della quasi piattezza della cosmologia standard senza fare ricorso all'inflazione, ma annulla anche gli effetti nocivi della singolarità iniziale.

L'idea può parere folle, ma ci sono vari modi per metterla alla prova. Uno consiste nello studio della radiazione cosmica di fondo a microonde, o CMB, da *cosmic microwave background*; fuori della nostra 3-brana dovrebbe esserci una quantità di materia aggiuntiva del bulk quadridimensionale, attratta dall'effetto gravitazionale del buco nero. È possibile mostrare che le fluttuazioni termiche di questa materia extra creano fluttuazioni sulla 3-brana che a loro volta distorcono la CMB in modo piccolo ma misurabile. I nostri calcoli differiscono di circa il 4 per cento dai dati più recenti del telescopio spaziale Planck dell'Agenzia spaziale europea. Ma questa differenza può essere dovuta a effetti secondari non ancora inseriti correttamente nel modello.

Inoltre, se il buco nero quadridimensionale ruota (il che è molto comune per i buchi neri), la nostra 3-brana può non avere lo stesso aspetto in tutte le direzioni. La struttura su larga scala del nostro universo avrebbe un aspetto lievemente diverso in direzioni diverse. Gli astronomi potrebbero rilevare questa direzionalità studiando variazioni sottili nella CMB in parti diverse del cielo.

Ovviamente, nel momento stesso in cui il big bang olografico risolve un problema gigantesco, l'origine del nostro universo, solleva una nuova serie di domande, la cui principale è: da dove viene l'universo genitore del nostro universo?

Per rispondere a questo problema, possiamo rivolgerci di nuovo a Platone. Quando i prigionieri uscirono dalla caverna, la luce del giorno li abbagliò; ci volle del tempo per abituarli alla luminosità. All'inizio riuscivano a distinguere solo ombre e riflessi. Ma presto riuscirono a vedere anche la Luna e le stelle. Infine conclusero correttamente che il Sole è «l'autore di tutto ciò che vediamo»: giorno, notte, stagioni e ombre. I prigionieri non capivano che cosa fosse all'opera dietro al Sole, proprio come noi non capiamo l'universo bulk quadridimensionale. Ma almeno sappiamo dove cercare le risposte. ■

PER APPROFONDIRE

Out of the White hole: A Holographic Origin for the Big Bang. Pourhasan R., Afshordi N. e Mann R.B., in «Journal of Cosmology and Astroparticle Physics», Vol. 2014, articolo n. JCAP04(2014)005, aprile 2014.

Le dimensioni invisibili dell'universo. Dvali G., Arkani-Hamed N., Dimopoulos S., in «Le Scienze» n. 386, ottobre 2000.

L'illusione della gravità. Maldacena J., in «Le Scienze» n. 449, gennaio 2006.

L'origine dell'universo. Turner M.S., in «Le Scienze» n. 495, novembre 2009.

Biotecnologie

contro Ebola

In passato le epidemie della malattia che spaventa il mondo sono state contenute con semplici procedure di sanità pubblica, ma oggi possiamo contare anche sul meglio delle biotecnologie mediche

di Mauro Giacca

Giugno 1976.

Nella cittadina di Nazra, alle porte della foresta tropicale africana, nel sud del Sudan, inizia a diffondersi una nuova malattia. Esordisce con febbre improvvisa, senso di malessere, mal di gola, dolori muscolari, vomito e diarrea. Poi i pazienti soffrono di perdite di sangue dal naso, dalla congiuntiva, dall'albero respiratorio e dall'intestino. Alcuni mostrano anche un'eruzione cutanea, tremori e convulsioni. Tre settimane più tardi, un nuovo focolaio di questa febbre emorragica scoppia a 1500 chilometri di distanza, nel nord dello Zaire, l'attuale Repubblica Democratica del Congo. Tra giugno e novembre del 1976, 602 persone sono colpite dalla malattia e 397, il 66 per cento, muoiono.

I campioni di alcuni pazienti sono spediti ai Centers for Disease Control and Prevention di Atlanta, negli Stati Uniti, e a due laboratori di virologia in Regno Unito e Belgio. I ricercatori li analizzano al microscopio elettronico: sono pieni di particelle dall'aspetto filamentoso. Quindi è un virus a causare quella febbre emorragica eccezionalmente mortale. Ma la sorpresa è che un virus con quelle caratteristiche è già noto. Era stato già osservato dieci anni prima, questa volta in Europa. Nel 1967 alcuni addetti di laboratorio furono ricoverati nell'ospedale della cittadina di Marburg, in Germania, con i sintomi di una febbre emorragica; altri casi furono registrati nell'allora Jugoslavia.

La causa fu riscontrata in un agente infettivo presente in una partita di scimmie verdi africane importate dall'Uganda per essere destinate alla produzione di vaccini. Le scimmie furono abbattute e l'epidemia controllata; il bilancio fu di 31 casi umani. Il virus implicato a quel tempo fu chiamato virus di Marburg.

Nonostante l'impressionante somiglianza, le strutture dei virus del Sudan e dello Zaire del 1976 sono leggermente diverse da quella del virus di Marburg.

Horst Friedrichs/Anzenberger/Contrasto

Mauro Giacca è medico e ricercatore, direttore generale dell'International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology, ente di ricerca delle Nazioni Unite, con sedi a Trieste, New Delhi e Cape Town, e professore ordinario di biologia molecolare all'Università di Trieste.

I virologi che lo osservano propongono che venga chiamato virus Ebola, dal nome di un piccolo fiume nello Zaire, che scorre verso ovest, a nord di Yambuku, il villaggio d'origine del paziente dal quale era stato ottenuto il primo campione con il virus.

Un patogeno elusivo

In seguito l'allarme per Ebola si attenuò progressivamente. Con l'eccezione di due piccoli focolai nel 1977 e nel 1979 il virus sembrava sparito nella foresta africana. Ma dieci anni dopo eccolo ricomparire addirittura negli Stati Uniti. Nel 1989 a Reston, in Virginia, in una struttura di quarantena che importa primati per la ricerca medica, vari macachi si infettano. E lo stesso accade tra il 1989 e il 1996 in analoghe strutture a San Antonio, in Texas, e anche in Italia, nel 1992, a Siena. Si scopre che il virus responsabile è ripetutamente introdotto dai macachi importati da Manila, nelle Filippine. È un virus ancora leggermente diverso, meno virulento dei ceppi del Sudan e dello Zaire, e le infezioni sono subito contenute. Il virus viene etichettato come ceppo Reston di Ebola.

Dopo 15 anni dal 1979 ricompare anche il virus africano. Dal 1994 al 1996, non meno di cinque focolai di infezione indipendenti si registrano in Costa d'Avorio, Repubblica Democratica del Congo e Gabon. Come in precedenza, i villaggi colpiti sono vicino o dentro le foreste tropicali, lungo il corso dei fiumi. L'attenzione dei *media* internazionali al problema diventa massiccia soprattutto durante il contagio avvenuto a Kikwit, nella Repubblica Democratica del Congo. Qui sono più di 300 le persone infettate, con un tasso di mortalità altissimo, vicino all'80 per cento. Il libro *Area di contagio*, di Richard Preston, pubblicato in Italia da Rizzoli a metà degli anni novanta, portato poi sul grande schermo con il titolo *Virus letale* (1995), ipotizza il contagio in una tranquilla cittadina statunitense e porta Ebola all'attenzione del grande pubblico.

Dal 1976 a oggi nell'Africa subequatoriale sono registrati a intermittenza più di 15 episodi epidemici focali dovuti al virus Ebola. Vengono anche scoperti due nuovi ceppi: Ebola Costa d'Avorio nel 1994, quando un'etologa svizzera si infettò nel Parco nazionale della foresta Taï eseguendo l'autopsia di uno scimpanzé, ed Ebola Bundibugyo nel corso di un'epidemia in Uganda nel 2007.

Dove si nasconde il virus Ebola tra un episodio epidemico e l'altro? Non certo nei primati, visto che la sua infezione è letale per questi animali. Dopo una ricerca frenetica tra tutte le specie della foresta africana, nel 2003 il virus viene trovato nei pipistrelli che si nutrono di frutta. Il virus è asintomatico in queste specie, ma da qui può contagiare primati e altri animali, e trasmettersi all'uomo durante la caccia. In molte zone dell'Africa, i pipistrelli sono considerati una leccornia: vengono cucinati in vari modi, soprattutto affumicati e usati nelle zuppe.

La situazione si aggrava improvvisamente quest'anno. L'analisi del genoma del virus mostra che, intorno al 2004, un virus del ceppo Zaire, quello più virulento, si è spostato tra gli animali dall'Africa centrale a quella occidentale. Nel febbraio 2014 il virus infetta un essere umano in Guinea e da qui, per via interumana, si sposta in Liberia a marzo e poi in Sierra Leone a maggio, trasportato in quest'ultimo paese da persone che avevano preso parte a un funerale tradizionale in Guinea. Secondo i dati a metà novembre 2014 l'Organizzazione mondiale della Sanità (OMS) riporta più di 14.000 casi nei tre paesi, poco più di 5100 decessi (*si veda la mappa alle pp. 68-89*), e nessuna indicazione che la malattia stia recedendo.

In sperimentazione. Una fiala con un vaccino sperimentale per il virus Ebola prodotta all'Oxford Vaccine Group Centre for Clinical Vaccinology and Tropical Medicine, nel Regno Unito.

Terapie sperimentali

Nel corso dell'epidemia del 1976 uno dei membri della Microbiological Research Unit di Porton, nel Regno Unito, che studiò i campioni, si punse con un ago infetto e si ammalò. Uno dei tentativi terapeutici fu una trasfusione di siero ottenuto da un paziente dello Zaire sopravvissuto all'infezione. La speranza era che negli individui guariti ci fossero anticorpi nel sangue in grado di neutralizzare il virus e quindi di limitarne la diffusione. Alla fine il paziente sopravvisse. Un simile trattamento basato sulla sommi-

IN BREVE

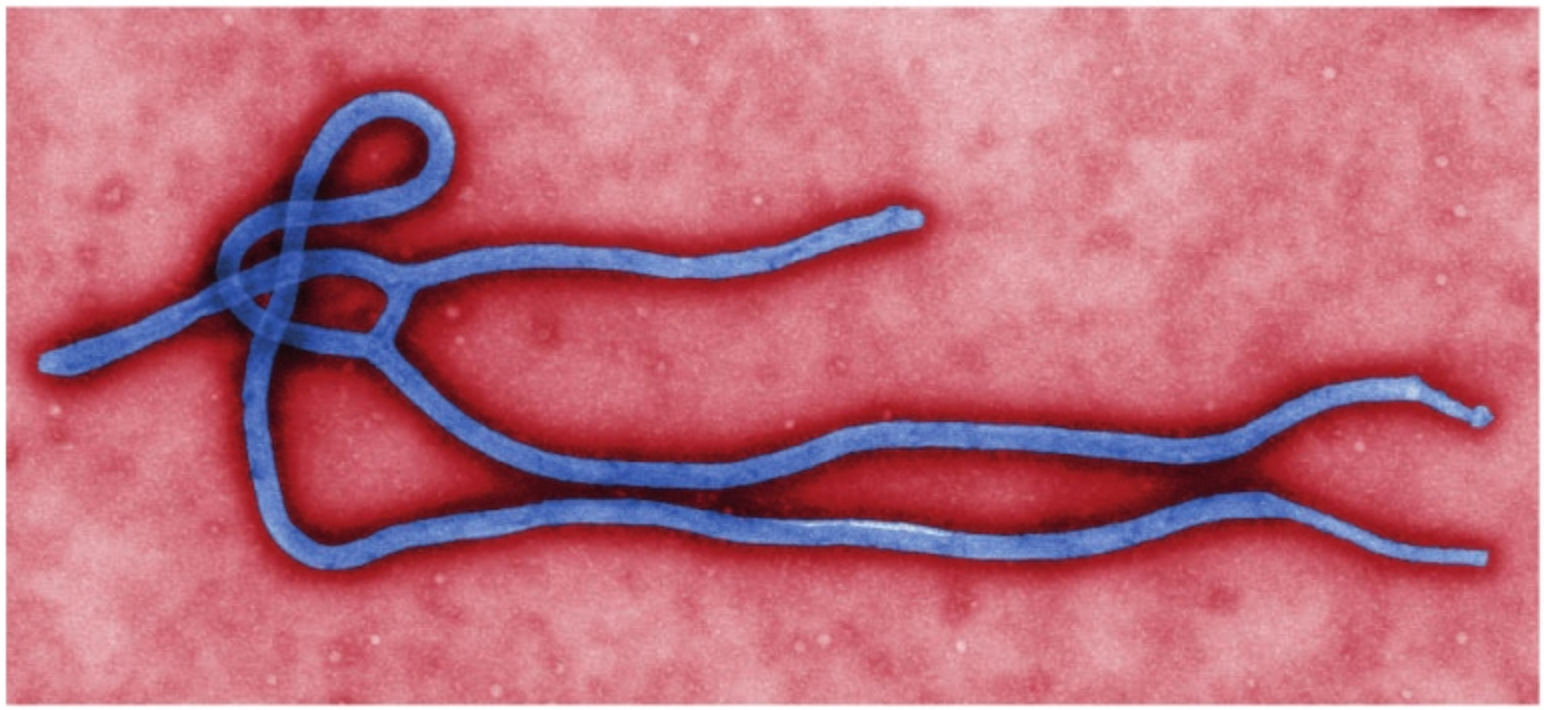
Il virus Ebola è stato scoperto nel 1976, e porta il nome del fiume che scorre vicino al villaggio dell'attuale Repubblica Democratica del Congo da cui proveniva il primo paziente. **Da allora nell'Africa** subequatoriale sono stati registrati più di 15 episodi epidemici; la situazione si è aggravata quest'anno, l'epidemia di Ebola è stata dichiarata emergenza internazionale dall'Organizzazione mondiale della Sanità. **Grazie alle biotecnologie,** istituti pubblici e aziende puntano a ottenere vaccini e farmaci antivirali, ancora in fase di sperimentazione.

Steve Parsons/The New York Times/contrasto

Ritratto del virus Ebola

Il virus Ebola, nei suoi cinque sottotipi, e il simile virus Marburg, sono gli unici membri della famiglia dei filovirus. Le particelle virali hanno un aspetto filamentoso (da cui il nome della famiglia), con un diametro di circa 80 nanometri e una lunghezza che può arrivare a diversi micrometri. L'involucro del virus è costituto da una membrana identica a quella delle cellule animali, da cui la spiccata sensibilità a detergenti e disinfettanti e la relativa incapacità di resistere nell'ambiente esterno; all'interno c'è una struttura centrale costituita da un genoma a RNA, legato a una serie di proteine.

Il virus entra nella cellula grazie al legame con alcuni recettori espressi dalla superficie di diversi tipi cellulari, specialmente dei monociti e dei macrofagi (due tipi di globuli bianchi). Una volta all'interno delle cellule, il virus replica il proprio RNA e al contempo lo usa per dirigere la sintesi di sette proteine; di queste, quattro sono quelle che si associano all'RNA stesso mentre tre vengono espresse sulla superficie delle particelle virali. Una di queste, la glicoproteina GP, forma polimeri di tre molecole, o trimeri, sulla superficie, ed è indispensabile per il legame ai recettori e per l'infezione delle cellule. Questa proteina è anche il principale bersaglio degli anticorpi in grado di neutralizzare l'infezione.



Corbis

nistrazione di siero iperimmune, cioè con un elevato livello di anticorpi per il virus, era stato poi praticato nel corso dell'epidemia di Kikwit vent'anni più tardi: otto pazienti avevano ricevuto trasfusioni di sangue da pazienti guariti, e sette erano sopravvissuti.

Queste osservazioni hanno valore aneddotico, vista l'esiguità del numero dei pazienti trattati e la mancanza di una sperimentazione controllata; tuttavia l'idea di neutralizzare il virus infondendo anticorpi è attraente. Ma come ottenere anticorpi efficaci in quantità sufficiente? Già diversi anni fa, l'azienda biotecnologica californiana Mapp Biopharmaceutical ha scelto la strada di produrli nelle foglie delle piante di tabacco. Partendo da anticorpi di topo che riconoscono regioni diverse della cosiddetta glicoproteina di superficie (*si veda il box in questa pagina*) del ceppo Zaire di Ebola, ne ha scelti tre particolarmente efficaci. Poi ha «umanizzato» questi anticorpi, lasciandone intatta la regione che lega la proteina del virus e sostituendone invece la parte murina con una porzione di un anticorpo umano. Infine, ha inserito i geni che codificano per questi tre anticorpi nella pianta di tabacco *Nicotiana benthamiana*, capace di produrre proteine esogene nelle foglie. Ne è uscito ZMapp, il primo farmaco potenzialmente in grado di bloccare l'infezione da virus Ebola.

ZMapp non era stato prodotto pensando tanto alle epidemie africane, quanto al paventato uso del virus Ebola come un agente per il bioterrorismo, possibilità che lo aveva fatto classificare nella categoria più elevata degli agenti biologici temuti dal Governo degli Stati Uniti. Quando però ad agosto 2014 due missionari statunitensi in Liberia sono stati infettati dal virus e riportati ad Atlanta, ZMapp era disponibile ed è stato usato. I due pazienti sono sopravvissuti e il farmaco ha iniziato a ricevere enorme pubblicità dai mezzi di comunicazione. L'osservazione sulla sua efficacia, tuttavia, rimane ancora correlativa, dato che non c'è modo di sapere se le due guarigioni non sarebbero avvenute anche in assenza del trattamento.

Nei mesi successivi ZMapp è stato usato ancora per trattare altri cinque pazienti con Ebola, esaurendo le scorte disponibili. In totale, delle sette persone trattate, quattro sono sopravvissute. A supportare l'efficacia specifica di ZMapp, uno studio scientifico pubblicato sulla rivista «Nature» a ottobre 2014 ha mostrato che la somministrazione del farmaco a un piccolo gruppo di scimmie ben cinque giorni dopo l'infezione ha permesso la sopravvivenza di tutti gli animali trattati. Ora il problema è aumentare la produzione di ZMapp e ottenere quantità sufficienti di farmaco da permettere la sperimentazione nell'uomo.

Se ZMapp è il trattamento più vicino all'applicazione clinica, non rimane però l'unica alternativa terapeutica possibile. Per altre malattie, come l'infezione da HIV e da virus erpetici, o l'epatite B o C, sono disponibili piccole molecole in grado di bloccare direttamente la replicazione dei genomi virali. Molecole con questa specificità non sono ancora disponibili per il virus Ebola, anche se alcuni farmaci sperimentali con attività antivirale più gene-

Atlante di un'epidemia

Ufficialmente l'ultima epidemia di Ebola comincia il 23 marzo 2014, quando l'Organizzazione mondiale della Sanità (OMS) riferisce di focolai attivi nella regione delle foreste della Guinea, e in particolare nelle prefetture di Gueckedou, Macenta e Kissidougou. Secondo una ricerca pubblicata sul «New England Journal of Medicine», il paziente zero sarebbe stato un bambino del Gueckedou, ammalatosi e deceduto il 6 dicembre 2013. Sarebbe stato lui il primo essere umano a contrarre il virus dal serbatoio animale, probabilmente dai pipistrelli delle specie *Hypsignathus monstrosus, Epomops franqueti* e *Myonycteris torquata*.

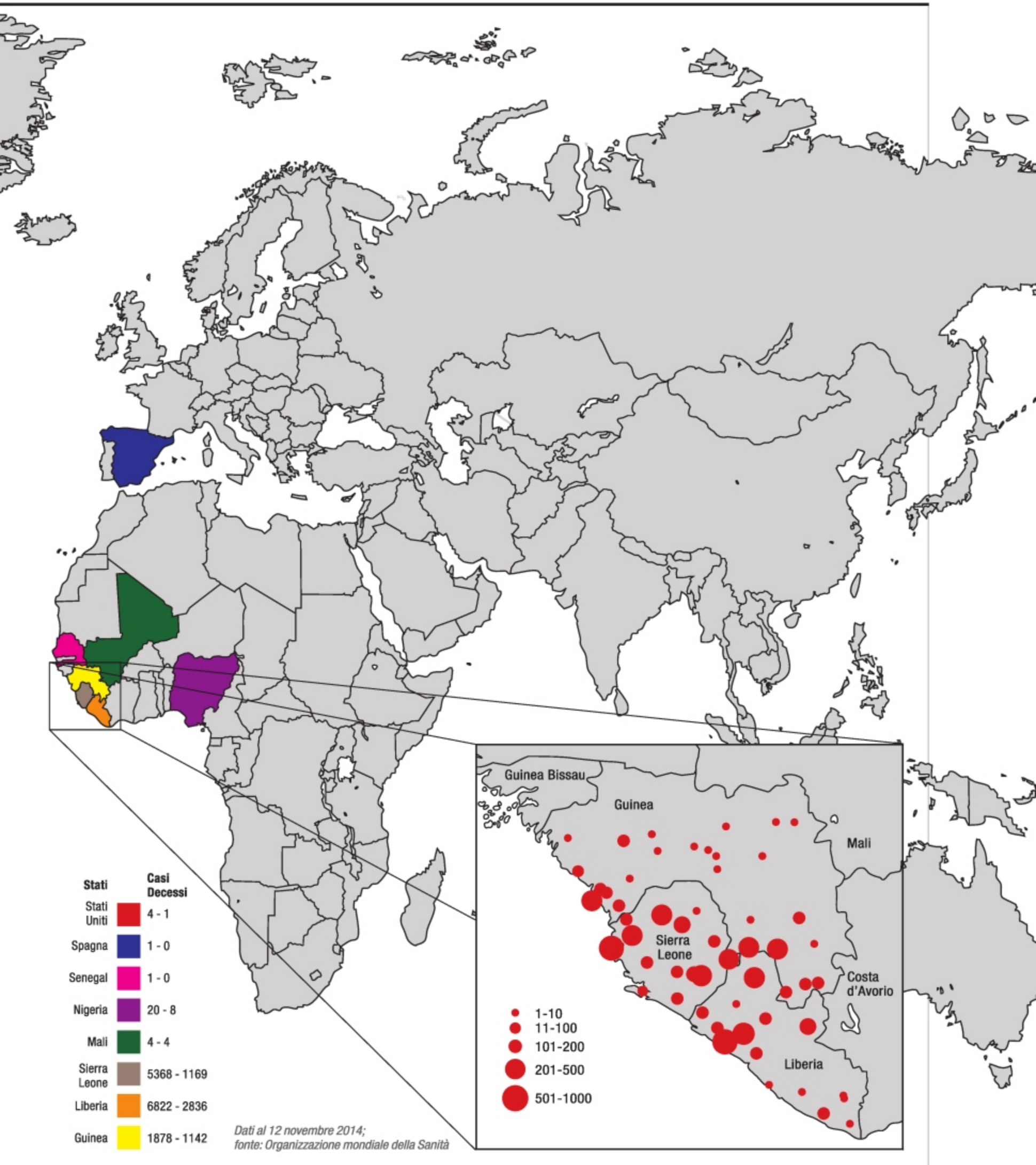
Il 26 marzo l'Institut Pasteur di Lione conferma trattarsi di casi di Ebola del ceppo Zaire, e non di un ceppo appena emerso. Non è necessariamente una buona notizia. Il 29 marzo il virus si affaccia (ufficialmente) in Liberia. In aprile è chiaro che si tratta dell'epidemia di Ebola più importante mai registrata, e cominciano le contromisure: prevenzione, educazione, informazione. Partono gli aiuti internazionali. Ma è tutto molto poco efficace.

Il 25 maggio si registra il primo caso in Sierra Leone, e il 27 luglio il primo caso in Nigeria. Si va verso est, e presto si andrà verso nord, in Senegal. Il primo incontro del comitato preposto dell'Organizzazione mondiale della Sanità si tiene il 6 agosto, per teleconferenza. Cominciano a emergere accuse di inefficienza rivolte alla comunità internazionale, mentre nei paesi africani serpeggia la diffidenza verso i sanitari occidentali.

L'8 agosto Tom Frieden, direttore degli statunitensi Centers for Disease Control and Prevention di Atlanta, spiega che abbiamo la ricetta per fermare l'epidemia. Ma il 30 settembre si registra il primo caso negli Stati Uniti. E il 6 ottobre il primo caso europeo, nonché il primo caso di trasmissione da uomo a uomo al di fuori del continente africano. È un'infermiera che ha assistito un religioso spagnolo contagiato in Liberia e curato a Madrid. In ottobre la polemica: quante persone potrebbero infettarsi? Gli scenari oscillano tra 11.000 casi e 1,5 milioni. A metà novembre l'OMS contava 14.098 casi e 5160 decessi.

Silvia Bencivelli

«Le Scienze»; fonte dati: Organizzazione mondiale della Sanità



Dati al 12 novembre 2014;
fonte: Organizzazione mondiale della Sanità

rica mostrano attività anche nei confronti di questo virus; uno di questi farmaci, brincidofovir, è già stato usato, in via compassionevole, sul paziente liberiano deceduto a Dallas nel mese di ottobre.

Un'altra classe di farmaci antivirali innovativi è costituita da piccole molecole di RNA o di DNA che, modificate chimicamente per essere resistenti alla degradazione, si appaiano all'RNA del virus e lo inattivano. Un'azienda canadese ha già sviluppato un composto, TKM-Ebola, che sfrutta questo principio; il farmaco ha mostrato efficacia nei primati non umani infettati con il virus e ora sta procedendo nelle prime fasi della sperimentazione clinica.

Una corsa realistica?

La produzione di un vaccino in grado di prevenire l'infezione è un obiettivo realistico? La risposta è con ogni probabilità affermativa, visto che diversi degli individui infettati (50 per cento nel caso dell'attuale contagio, 10 per cento anche nelle peggiori epidemie del passato) guariscono di fatto dalla malattia. Ciò dimostra che, a differenza per esempio dell'HIV, il sistema immunitario umano è in grado di produrre una risposta adeguata contro il virus Ebola, fatta di anticorpi in grado di neutralizzarlo e linfociti T che distruggono le cellule infettate.

Sono due i vaccini più avanzati in sperimentazione. Il primo ad arrivare sulla scena dell'epidemia attuale sarà chAd3-EBOV, prodotto grazie a una collaborazione tra lo statunitense National Institute of Allergy and Infectious Diseases e la multinazionale farmaceutica GlaxoSmithKline. Questo vaccino usa una tecnologia sviluppata da un'azienda, Okairos, nata dalla chiusura del centro di ricerca della Merck di Pomezia, vicino Roma, nel 2007, e ora con sede in Svizzera e laboratori ancora a Roma e a Napoli. Okairos, acquistata da GlaxoSmithKline nel maggio 2013, usa un virus modificato come vettore per trasportare nell'organismo il gene che codifica la glicoproteina di superficie del virus Ebola, allo scopo di stimolare una risposta immunitaria. Il vettore è basato su un virus della famiglia degli adenovirus, molto diffusi, tipicamente responsabili di infezioni delle vie respiratorie e congiuntiviti. La semplice sostituzione di un paio di geni virali con il gene da veicolare inattiva la capacità di replicazione del virus, ma ne consente l'uso come navetta per entrare nelle cellule.

Una quindicina di anni fa i vettori adenovirali erano molto popolari in terapia genica. Poi però sono stati abbandonati perché troppo pericolosi, dato che stimolavano una forte risposta infiammatoria e l'attivazione potente del sistema immunitario. Se questi effetti erano inaccettabili per la terapia genica delle malattie ereditarie, ecco che invece sono esattamente quelli che si desiderano quando si pensa a un vaccino. Nel caso di chAd3-EBOV, il virus che funge da vettore è un adenovirus che infetta lo scimpanzé invece di uno che infetta l'uomo, visto che molti individui già producono anticorpi contro gli adenovirus umani e questi renderebbero inefficace la vaccinazione.

Tra settembre e ottobre 2014 è iniziata una serie di sperimentazioni di fase I (mirate a definire la sicurezza e la dose necessaria a stimolare una risposta immunitaria) in qualche centinaio di individui sani in Regno Unito, Stati Uniti, Mali e Svizzera. Sperimentazioni di fase II e III, per valutare l'effettiva efficacia, sono già programmate in Africa tra fine 2014 e inizio 2015.

Funzionerà? Le probabilità sono buone. La piattaforma di vaccini basata sugli adenovirus è ben conosciuta, e mostra risultati incoraggianti per altre malattie. Nel caso dell'HIV, un vaccino adenovirale è stato già usato nell'uomo in una sfortunata sperimentazione nel 2007, in cui però gli individui vaccinati in realtà avevano mostrato un aumento del tasso di infezione, invece di risultarne protetti. Ma questo paradosso è stato probabilmente intrinseco alla biologia dell'HIV, perché questo virus ha infettato selettivamente i linfociti attivati dal vaccino stesso, uno scenario che non dovrebbe applicarsi al virus Ebola.

Uno studio su un piccolo numero di scimmie vaccinate con chAd3-EBOV ha finora mostrato un'efficacia di protezione del 100 per cento da una dose letale di virus, ma solo quando era stato somministrato dopo tempi brevi dalla vaccinazione (cinque settimane). Dopo dieci mesi, invece, risultavano protetti tutti gli animali soltanto se in precedenza avevano ricevuto un richiamo, costituito dall'iniezione di un altro virus ingegnerizzato per esprimere la glicoproteina di Ebola, e in particolare il ceppo MVA del virus usato un tempo per la vaccinazione contro il vaiolo.

A una simile strategia di vaccinazione in sequenza, prima con un vettore adenovirale seguita da un richiamo con il virus MVA, sembra credere fermamente un altro colosso farmaceutico. È di ottobre la notizia che l'olandese Crucell, una controllata della Johnson&Johnson, è entrata nella corsa usando un diverso vettore adenovirale modificato e stringendo un accordo con la danese Bavarian Nordic per ottenere la tecnologia del virus del vaiolo vaccino come richiamo per la vaccinazione. La sperimentazione in Europa e Stati Uniti inizierà a gennaio 2015. Rimane però da dimostrare se, in occasione dell'epidemia attuale, ci saranno tem-

CONTAGIO E MALATTIA

Una gravità rara

L'infezione da virus Ebola ha tassi di mortalità dal 40 al 90 per cento delle persone infettate, a seconda dei ceppi e dei diversi focolai epidemici che si sono finora presentati, quindi è di rara gravità. Nel corso delle epidemie sono sostanzialmente tre le modalità di contagio interumano: il contatto dei familiari con i malati, la trasmissione dagli individui deceduti durante la preparazione dei funerali e il contagio degli operatori sanitari in ambiente ospedaliero. In tutti i casi, la trasmissione avviene attraverso il contatto con sangue o fluidi biologici dei pazienti (urine, saliva, feci, vomito, sperma); da questi, il virus penetra nell'organismo attraverso la congiuntiva, le mucose o tramite piccole ferite. Attualmente non ci sono prove che il virus possa trasmettersi per via aerea; ma è presente nelle goccioline di saliva delle persone infettate, e quindi è raccomandato l'uso di mascherine per chiunque si avvicini a un malato a meno di un metro di distanza. Il rischio di trasmissione rimane molto elevato anche dopo la morte, da cui la frequenza di contagio nelle persone che si occupano della preparazione dei defunti.

Il tempo di incubazione va da 2 a 21 giorni, nella maggior parte dei casi 6-8 giorni. Una volta penetrato nell'organismo, le prime cellule che il virus infetta sono alcuni tipi di globuli bianchi (i monociti, i macrofagi, le cellule dendritiche). Da questi diffonde nell'organismo e dopo qualche giorno si ritrova nel tratto intestinale, reni, fegato, milza, linfonodi, ghiandole adrenergiche, cervello, occhio e pelle. La morte sopravviene circa nove giorni dopo l'inizio dei sintomi, ed è causata dal massiccio rilascio di fattori infiammatori che portano a danni di organi diversi, perdita della capacità di coagulazione del sangue e rottura del rivestimento dei vasi sanguigni, da cui le copiose emorragie. La gravità della malattia è di fatto dovuta alla perdita di regolazione del sistema immunitario e di quello circolatorio. La febbre emorragica di Ebola, quindi, è assimilabile a una sindrome dovuta all'inoculazione di fattori infiammatori in alte dosi o causata da una setticemia.

Tra pubblico e privato. Iniezione di un vaccino ancora in fase di sperimentazione sviluppato dallo statunitense National Institute of Allergy and Infectious Diseases e dalla multinazionale GlaxoSmithKline.

po, opportunità logistiche e risorse sufficienti a sviluppare un vaccino basato su due iniezioni.

Sembra avere già sviluppato invece un approccio efficace basato su un'unica iniezione di vaccino un'azienda biotecnologica di Ames, negli Stati Uniti, NewLink Genetics, che ha acquistato la licenza di un brevetto sviluppato originariamente dalla Public Health Agency del Canada. Stavolta il virus usato come vettore è quello della stomatite vescicolare (VSV), della famiglia del virus della rabbia che infetta il bestiame da allevamento. Un ceppo attenuato di VSV è stato ingegnerizzato per esprimere la glicoproteina sulla superficie del virus Ebola. Dopo l'inoculazione questo vettore è ancora in grado di replicarsi autonomamente, e quindi, a differenza di chAd3-EBOV, sembra stimolare un'immunità più rapida, estesa e duratura. Studi di sicurezza su volontari sani, attualmente in corso in Stati Uniti, Svizzera e Germania usando 800 dosi di vaccino donate dal Governo del Canada, chiariranno se questo vaccino possa avere effetti collaterali importanti.

A un incontro tenutosi il 23 ottobre scorso presso l'Organizzazione mondiale della Sanità a Ginevra, GlaxoSmithKline ha dichiarato che 20.000 dosi di chAd3-EBOV saranno già pronte verso fino anno e 230.000 dosi in aprile. NewLink Genetics ha invece stupito tutti, riportando che, per quest'ultima data, saranno già disponibili 12 milioni di dosi del proprio vaccino. La strategia di vaccinazione sarà ad anelli: prima il personale sanitario, poi gli individui a contatto con i pazienti, poi il resto della popolazione.

Un'emergenza planetaria?

Se confrontata alle grandi epidemie di peste, vaiolo o colera del passato, che mietevano milioni di vite, l'attuale epidemia di Ebola sembra meno importante dal punto di vista numerico. La stessa infezione da HIV-1 ha colpito finora più di 75 milioni di individui, soprattutto in Africa, uccidendone 35 milioni. Perché allora Ebola fa così paura? La risposta è in parte razionale e in parte irrazionale. Fa paura perché uccide una persona su due, perché lo fa rapidamente, perché sembra relativamente facile esserne contagiati, perché in un mondo globalizzato le barriere geografiche sono annullate dalla semplicità del trasporto aereo. Spaventa anche perché riporta alla luce un senso di atavico tabù: viene dalla foresta africana e nulla sembra fermarlo. Il 6 agosto 2014 l'Organizzazione mondiale della Sanità ha dichiarato l'attuale epidemia di Ebola un'emergenza sanitaria di portata internazionale.

A differenza del passato, però, in questa occasione in campo contro l'epidemia c'è il meglio delle biotecnologie mediche che abbiamo a disposizione: almeno tre tipi di vaccini ricombinanti, basati su virus modificati per veicolare le proteine contro cui immunizzare gli individui, anticorpi monoclonali prodotti nelle piante, farmaci sperimentali basati su acidi nucleici che rappresentano la punta di diamante della ricerca scientifica. Saranno sufficienti? In realtà, tutte le epidemie da virus Ebola del passato sono state contenute con semplici mezzi di sanità pubblica: isolamento dei malati, protezione degli operatori sanitari, modificazione delle cerimonie tradizionali di sepoltura delle vittime, quarantena dei possibili contatti. Queste misure sembrano ora però di difficile adozione nel contesto degli agglomerati urbani di Guinea, Liberia e Sierra Leone, dove convivono affollamento, condizioni igieniche precarie e riti tribali. In questo contesto, un passo fondamentale deve essere la semplice educazione alla consapevolezza della gravità della situazione.

Qualunque sia la soluzione, nuovi farmaci biotecnologici o misure di medicina pubblica, non potrà che essere adottata in Africa. Al di là delle implicazioni etiche, chiudere le frontiere, bloccare l'immigrazione o impedire il trasporto aereo dalle regioni infettate appare irresponsabile dal punto di vista sanitario. È molto più facile bloccare eventuali episodi di importazione (come quelli già avvenuti in Stati Uniti e Spagna) in condizioni in cui le infrastrutture sanitarie sono affidabili, gli ospedali igienici e il personale ben equipaggiato e addestrato, di quanto sarebbe invece sperare di contenere l'epidemia chiudendo le frontiere e lasciando che questa si estenda a macchia d'olio localmente. ■

PER APPROFONDIRE

Ebola and Marburg Hemorrhagic Fevers: Neglected Tropical Diseases? MacNeil A. e Rollin P.E., in «PLoS Neglected Tropical Diseases», Vol. 6, e1546, 26 giugno 2012.

Medical Research: Ebola Therapy Protects Severely Ill Monkeys. Geisbert T.W., in «Nature», Vol. 514, pp. 41-43, 29 agosto 2014.

Genomic Surveillance Elucidates Ebola Virus Origin and Transmission During the 2014 Outbreak. Gire S.K. e altri, in «Science», Vol. 345, pp. 1369-1372, 12 settembre 2014.

Ebola Vaccine - An Urgent International Priority. Kanapathipillai R. e altri, in «New England Journal of Medicine», pubblicato on line, 7 ottobre 2014.

Reversion of Advanced Ebola Virus Disease in Nonhuman Primates with ZMapp. Qiu X. e altri, in «Nature», Vol. 514, pp. 47-53, 2 ottobre 2014.

National Institutes of Health/SPL/contrasto

Cosima Scavolini/Splash News/Corbis

Dalle guerre alle malattie

Nata vent'anni fa, oggi Emergency porta la sanità d'eccellenza nelle zone più povere del mondo, oltre a occuparsi di vittime di guerra. Perché la salute è un diritto, non un bene commerciale, dice il fondatore Gino Strada

di Giovanni Sabato

Sei milioni di persone curate. In quasi ogni continente, e da qualche anno anche in Italia. Un sostegno decisivo nel tenere in piedi la sanità di intere nazioni come l'Afghanistan. Centri d'eccellenza gratuiti dove nessuno se li sarebbe aspettati (e non tutti sono contenti che ci siano). Sono stati vent'anni tumultuosi, quelli di Emergency. Di attività sul campo e sui *media*, di battaglie e di polemiche, di lotte contro traumi e germi ma anche contro le carte bollate. Fra interventi pianificati con cura e quelli in cui ci si è ritrovati trascinati a forza, come l'emergenza Ebola in Sierra Leone. Da dove Gino Strada, anima e volto dell'associazione, ci racconta di questi vent'anni e del futuro.

IN BREVE

Nato nel 1948 a Sesto San Giovanni, vicino a Milano, Gino Strada si laurea in medicina e si specializza in chirurgia d'urgenza. **Dopo aver lavorato** per anni come cardiochirurgo, si orienta verso la cura delle vittime di guerra e dal 1989 lavora con il Comitato internazionale della Croce Rossa in vari teatri di conflitti, tra cui Pakistan, Perù, Etiopia, Afghanistan ed ex Jugoslavia. **Nel 1994** fonda Emergency con alcuni colleghi e la moglie Teresa Sarti (presidente fino alla morte nel 2009), per curare le vittime dei conflitti, con un particolare impegno contro le mine antiuomo. Al lavoro affianca un impegno per la pace e i diritti umani.

Giovanni Sabato è giornalista scientifico *free lance*.
Ha pubblicato fra l'altro *Come provarlo? La scienza indaga sui diritti umani* (Laterza, 2010).

Come vi siete trovati a occuparvi di Ebola?

Ce ne occupiamo da mesi, non dico controvoglia ma di necessità. Da 13 anni qui a Goderich, nei dintorni della capitale Freetown, abbiamo un ospedale chirurgico e pediatrico. Quando è scoppiata l'epidemia continuavano ad arrivare bambini con la febbre. Ma a quel punto dovevamo chiederci: è un bimbo con la dissenteria o la malaria o uno che ha l'Ebola? Dovevamo evitare nel modo più assoluto che un paziente con Ebola entrasse nel centro chirurgico o pediatrico, altrimenti avremmo dovuto chiuderli. E per molte settimane sono stati gli unici ospedali aperti a Freetown.

A causa di Ebola?

Certo. Una parte del personale degli ospedali pubblici si è infettata, gli altri hanno smesso di andare al lavoro e di fatto gli ospedali hanno chiuso. Per evitare che succedesse a noi abbiamo realizzato una tenda d'isolamento fuori dall'ospedale, dove individuare i casi sospetti e verificarli cercando il virus con la PCR. Poi il Ministero della Sanità ci ha chiesto di allestire un centro per Ebola in un'altra località vicina, Lakka. Il nuovo centro è operativo da metà settembre con 22 letti, ed è sempre pieno; trovare un posto per i malati è sempre un problema. A Goderich ne stiamo preparando un altro da 100 letti, costruito dagli ingegneri militari inglesi su mandato della cooperazione britannica, che ne sosterrà anche finanziariamente la gestione. L'apertura è prevista a dicembre. Lo staff medico-infermieristico sarà sia locale sia internazionale.

In assenza di terapie specifiche, che cosa offrite ai malati?

Qui in Sierra Leone ci sono di fatto due pratiche. A noi non va di organizzare mere strutture di isolamento e contenimento della malattia, come sono molte: vogliamo realizzare strutture di trattamento. Cerchiamo di ottimizzare via via la migliore cura di supporto: trattamento dei sintomi, infusioni endovenose in aggiunta alla reidratazione orale, profilassi antibiotica, se necessario trasfusioni, monitoraggio dei parametri vitali, esami ematochimici, della funzione renale ed epatica, della coagulazione e via dicendo.

Ma intanto vi state preparando a un nuovo studio clinico.

Sì, vorremmo usare l'amiodarone. È un antiaritmico di ampio uso, e *in vitro*, alle concentrazioni che raggiunge di norma nel siero umano, ha dimostrato una forte capacità di inibire l'ingresso del virus in molti tipi di cellule, agendo sia sulla pompa ionica sia sugli organuli di trasporto che il virus usa per entrare. Per ora lo stiamo usando in modo compassionevole. Ma per capire se funziona davvero nel nuovo centro vogliamo avviare un *trial* randomizzato a due bracci: confronteremo chi riceve solo le migliori cure di supporto e chi riceve anche l'amiodarone. Il trattamento dura dieci giorni.

Avete bruciato le tappe, dalle colture cellulari ai malati…

Sì, ma in linea con le raccomandazioni dell'Organizzaione mondiale della Sanità. Non è un farmaco sperimentale ma in uso da decenni, di cui sappiamo già tutto: come funziona, che effetti collaterali può dare, come rilevarli (in soli dieci giorni dovrebbero essere modesti). Ci aspettiamo di sapere se può essere non la soluzione, ma una delle cure possibili. E l'unico metodo che ci sentiamo di sostenere sono gli studi randomizzati; anche se su «Lancet» sono stati invocati studi di altro tipo, crediamo che metodi meno rigorosi non generino una conoscenza adeguata.

Quando si sapranno i risultati?

Lo studio sarà effettuato in collaborazione con l'Istituto «Lazzaro Spallanzani» di Roma e l'IRCCS Arcispedale Santa Maria Nuova di Reggio Emilia, ed è stato approvato dal comitato etico provinciale di Reggio Emilia. Il campione per ora è fissato in circa 150 casi, con due analisi *ad interim*: quando saremo a un terzo e a due terzi dei pazienti. Un comitato di valutazione deciderà se continuarlo, interromperlo per gli eventi avversi o viceversa concluderlo e dare l'amiodarone a tutti perché i benefici sono già evidenti. Il trial inoltre ci obbliga a standardizzare e ottimizzare anche la migliore cura di supporto, che di per sé potrebbe già ridurre molto la mortalità. Le stime, pur discordanti, collocano la mortalità per questa epidemia poco sopra il 70 per cento. Noi vedremo come andrà nei due bracci e trarremo le conclusioni.

Parlando di Emergency, dopo vent'anni vi aspettavate un successo simile?

No, nessuno se lo aspettava. È successo perché abbiamo lavorato con passione e professionalità.

Come vi è venuto in mente di fondarla?

Io e altri colleghi avevamo lavorato per anni come chirurghi in vari conflitti, e ci siamo resi conto che gli aiuti alle popolazioni erano insufficienti. Così ci siamo detti che una mano in più non fa mai male. Poi pian piano abbiamo costruito il nostro modo di lavorare, che intende la pratica medica come il dare corpo a un diritto umano universale, il diritto a essere curati. Ma se è un diritto universale non può arrivare fino alla TAC o alla risonanza da noi in Italia e fermarsi a quattro vaccini e due antibiotici in Africa. Questo è stato un grande momento di sviluppo nel modo di gestire le nostre strutture.

Si riferisce all'idea di creare centri d'eccellenza in Africa?

Anche. Uno degli ultimi ospedali che abbiamo aperto è il Centro Salam di cardiochirurgia, inaugurato nel 2007 a Khartoum, in Sudan, che per il suo livello ha sconvolto chiunque sia venuto a vederlo. Certo, è una goccia nel mare di pazienti. Oltre alle cardiopatie congenite, in Africa ci sono cinque milioni di persone con malattia reumatica avanzata bisognose di chirurgia, con 300.000 morti all'anno. Il nostro è l'unico ospedale nel continente che fornisce cardiochirurgia di alto livello del tutto gratuita. Facciamo 800-1000 interventi all'anno, e al personale chiediamo anche di insegnare: abbiamo già iniziato a formare sul posto gli infermieri e ora stiamo cominciando con i medici.

La scelta di destinare le risorse a un centro specialistico ha sollevato molte obiezioni.

Molte critiche vengono dai superesperti che decidono da Roma che cosa serve ai sudanesi e senza neanche averli interpellati. Noi ci siamo consultati prima, e nel 2010 su nostra iniziativa è nata la Rete sanitaria d'eccellenza in Africa, e le autorità di 11 paesi africani hanno individuato il Centro Salam come modello da replicare.

Eccellenza africana. Il centro di Goderich, in Sierra Leone. Destinato alle vittime di guerra, è stato ampliato alla cura di pazienti ortopedici e alle emergenze chirurgiche, mentre vicino è stato costruito un centro pediatrico. In un'altra struttura Emergency cura anche i malati di Ebola.

Cortesia Michael Duff per Emergency

Più in generale, avete aiutato anche a sviluppare i sistemi sanitari locali?

Un esempio è l'Afghanistan, dove si sono specializzati e lavorano con noi i primi tre specialisti in traumatologia e chirurgia di guerra del paese. Abbiamo messo in piedi una maternità dove formiamo ostetriche e ginecologhe in collaborazione con il Ministero della Sanità e vengono a partorire donne da molte regioni, 45 cliniche e posti di pronto soccorso che fanno da cliniche di base e inviano i pazienti ai centri medici e chirurgici. Insomma, abbiamo costruito la prima intelaiatura di un sistema sanitario afghano, almeno per chirurgia d'emergenza, traumatologia e ostetricia-ginecologia.

Ha avuto anche delusioni?

La maggiore frustrazione è nel cercare di lavorare con le istituzioni, soprattutto italiane. Anche adesso parecchi medici sarebbero pronti a venire dall'Italia in Sierra Leone ma sono bloccati dalla burocrazia. Non solo passi un sacco di tempo in riunioni e scartoffie, ma devi scontrarti con l'idea ormai dominante che la salute delle persone sia solo un bene commerciale. Io continuo a credere che gli ospedali debbano essere luoghi ospitali, e che medici e infermieri debbano occuparsi della salute del paziente, non della salute dei bilanci aziendali.

Non ha mai pensato «chi me lo ha fatto fare» e avuto voglia di mollare tutto, almeno per un po'?

È chiaro che ogni tanto te lo chiedi. Però in ospedale la risposta ce l'hai sempre davanti agli occhi: te l'ha fatto fare Mohamed, Ibrahim, Hawa... E se pensi che essere curati non sia un'opzione che tu offri ma un loro diritto, allora ti comporti di conseguenza.

Per il futuro che novità avete in programma?

Stiamo preparando un centro d'eccellenza di chirurgia pediatrica in Uganda. Come per la cardiochirurgia, in Africa non ce n'è uno di alto livello e gratuito. Il progetto è di Renzo Piano, il cantiere ha appena aperto, e appena usciti dall'emergenza Ebola ci concentreremo sulla ricerca delle risorse per costruirlo. Speriamo sia pronto in un paio d'anni.

Mi ha sorpreso quando qualche anno fa avete iniziato ad aprire centri in Italia…

Ha sorpreso anche noi: è l'ultima cosa che ci saremmo aspettati quando siamo nati. E invece apriamo strutture di medicina generale, orientamento sociosanitario, ginecologia, odontoiatria, cardiologia. All'inizio le pensavamo per i migranti, ma ora sempre più italiani si rivolgono a noi. L'ultimo rapporto CENSIS parla di dieci milioni di italiani che non possono permettersi di curarsi a dovere. Quindi ci sono bisogni importanti anche in Italia, purtroppo. Probabilmente apriremo altri centri, anche più complessi.

Ma non vi stancate di fare i pompieri, di risolvere guai creati da altri e su cui altri dovrebbero intervenire?

È il vecchio discorso della sussidiarietà, ti sostituisci a quello che dovrebbero fare Stati e governi. Ed è vero. Ma il problema è che il signor nome-e-cognome, che ha bisogno di cure oggi, non può aspettare che facciano le riforme o che spendano i soldi nella sanità anziché negli F35. I suoi bisogni o sono soddisfatti oggi o non lo sono più. Allora dico sempre che il nostro intervento non è la soluzione del problema, ma è la soluzione dei problemi di quelle persone che si rivolgono a noi. Finora sei milioni nel mondo.

Mai pensato invece di passare all'azione diretta in politica?

Ai politici che mi hanno ventilato l'idea ho sempre risposto che da ministro della Sanità avrei un programma molto semplice: eliminerei il profitto dalla sanità. Oggi il bilancio sanitario italiano è circa 105 miliardi di euro all'anno e di questi 30 miliardi vanno in profitti. Ecco: riportiamo a casa quei 30 miliardi e investiamoli nella salute delle persone. Dopo questa risposta, nessuno mi ha mai fatto una proposta seria.

Di tutto quanto avete fatto in questi vent'anni di che cosa è più contento e orgoglioso?

Sono contento che in vent'anni siamo riusciti a curare più di sei milioni di persone, e a curarle bene. Rispetto ai bisogni è una goccia, ma sono convinto che sia stato meglio che sia esistita e che continui a esistere. Se ciascuno fa il suo pezzettino, alla fine ci troviamo in un mondo più bello senza neanche accorgercene. ■

AMBIENTE

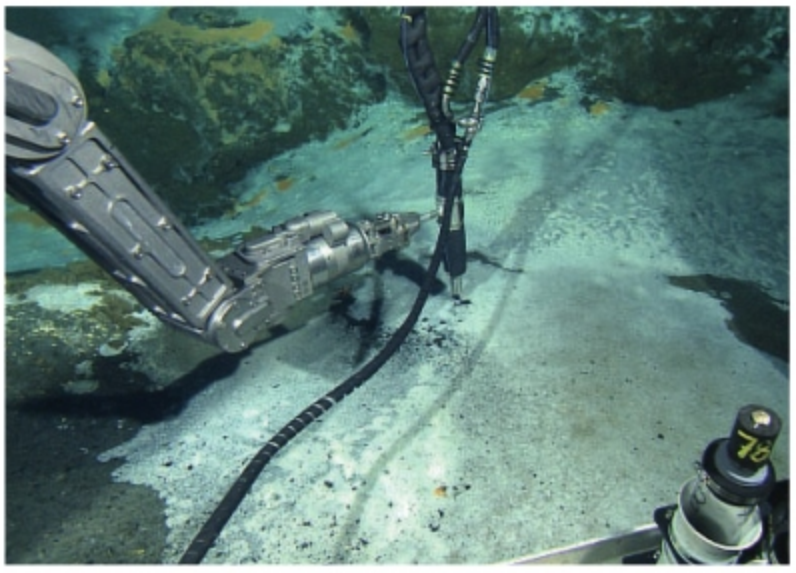
Ghiaccio insidioso

Gli idrati di metano potrebbero risolvere i problemi energetici del mondo, o soffiare sul fuoco del riscaldamento globale

di Lisa Margonelli

Lisa Margonelli è autrice di *Oil on the Brain: Petroleum's Long, Strange Trip to Your Tank* (Broadway Books, 2008). Sta scrivendo un libro sulle termiti per Scientific American/Farrar, Straus and Giroux.

Una mattina dello scorso agosto Doc Ricketts, il robot sottomarino del Monterey Bay Aquarium Research Institute di Moss Landing, curiosava sul fondo dell'oceano, sotto 1812 metri di acqua molto fredda al largo della California settentrionale. Scivolava sopra una collinetta di forma oblunga, lunga 2000 metri e spessa 60, coperta in alcuni punti da uno strato sottile di un sedimento color cachi.



Il braccio del robot inserisce una sonda laser in una formazione ghiacciata di idrati al largo di Santa Monica, in California. A destra, ricercatori a bordo della *Western Flyer* dirigono un robot sottomarino, Doc Ricketts, verso gli idrati di metano a 1300 metri di profondità, sul fondo dell'oceano al largo di Vancouver, in Canada.

All'improvviso la ripresa della telecamera sottomarina del robot ha mostrato qualcosa di sporco eppure bianco brillante, che sembrava un mucchio di neve lasciato da uno spazzaneve ai margini di un parcheggio, circondato però da conchiglie e pesci. Questa sporgenza luminosa indicava che la collina conteneva idrato di metano, un reticolo di acqua congelata che racchiude nelle sue gabbie di ghiaccio molecole di gas metano. Se ne faceste una palla di neve, potreste darle fuoco.

Affioramenti come questo sono la classica punta dell'iceberg. I depositi di idrati di metano sono per lo più intrappolati dai sedimenti appena sotto il fondo di oceani profondi e freddi. Spesso questi depositi sono enormi, e gli scienziati li stanno scoprendo dappertutto, nascosti al largo di tutti i continenti. Secondo le ultime stime, nei mari del mondo gli idrati contengono una quantità di carbonio pari almeno a quella di tutte le riserve di carbone, petrolio e gas naturale della Terra. Eppure, pochi sono stati studiati in modo approfondito.

Questa spedizione durata 11 giorni aveva lo scopo di sondare la collina di idrati e sedimenti: un'operazione insidiosa. Il robot comandato a distanza, dotato di bracci meccanici, era collegato alla nave di ricerca *Western Flyer*. Il *senior scientist* dell'istituto, il geologo marino Charlie Paull, ha emesso un verso di soddisfazione quando le immagini sono comparse sui 20 schermi nella piccola sala di comando della nave. Qui, insieme a Paull, me e altri, erano stipati oltre 12 scienziati dell'istituto e dello United States Geological Survey (USGS), appollaiati su vecchi sedili di aerei e secchi di plastica capovolti. Tutte queste menti e attrezzature puntavano a svelare i segreti della collina: come si era formata? Da dove veniva il metano? E aveva cominciato a emergere dal fondale dieci anni fa o stava crescendo da un milione di anni?

Il gruppo era alla ricerca di informazioni che potessero contribuire ad affrontare questioni più ampie. Secondo una recente ricerca, solo gli idrati al largo delle coste degli Stati Uniti continentali (esclusi Alaska e Hawaii) contengono una quantità di gas

IN BREVE

Gli idrati di metano sono enormi depositi di gas intrappolati in grandi strutture ghiacciate sotto il fondo dei mari vicini alle coste. Potrebbero fornire più energia di tutte le riserve mondiali conosciute di petrolio, carbone e gas naturale.
Gli scienziati sondano le formazioni di idrati per stabilire se il gas si può sfruttare facilmente per ricavare energia. Inoltre esaminano la velocità con cui il metano può uscire da solo, se riscaldato dall'acqua del mare sempre più calda. I depositi potrebbero liberare enormi quantità di questo gas serra.
Un altro rischio è che i depositi si espandano rapidamente se disturbati dai terremoti, provocando tsunami.

Cortesia MH21 Research Consortium (*pagine precedenti*); questa pagina e pagina a fronte cortesia MBARI

naturale che, consumata al tasso attuale nel paese, basterebbe per 2000 anni. Se le aziende riuscissero a estrarre anche solo una piccola percentuale di quel combustibile, gli idrati potrebbero essere molto utili; a marzo 2013 la nave di ricerca giapponese *Chikyu* è stata la prima a estrarre il gas naturale da idrati marini. Ma se l'aumento della temperatura negli oceani destabilizza gli idrati e questi rilasciano il metano in acqua e in atmosfera, il gas potrebbe anticipare una catastrofe climatica. Nel corso di un secolo, il metano ha un potenziale di riscaldamento globale 20 volte superiore a quello dell'anidride carbonica. Gli idrati di metano sono la prossima grande occasione per l'energia o la prossima grande minaccia ambientale? Gli scienziati come Paull cercano le risposte.

Ghiaccio oscuro

Paull è un uomo alto e con i baffoni bianchi, ha cominciato a studiare gli idrati negli anni settanta, quando erano considerati per lo più una scocciatura per l'industria petrolifera, dato che i loro cristalli di ghiaccio intasavano i tubi nei pozzi in profondità. Se gli si fa una domanda sugli idrati, quasi sempre comincia enfaticamente a snocciolare fatti, per poi finire con una smorfia addolorata quando arriva a qualcosa che non sa. Nel corso della sua carriera, gli idrati si sono trasformati da una curiosità esoterica in un fattore potenzialmente fondamentale nel sistema del carbonio della Terra, il che li rende ancora più misteriosi. Una volta, tempo fa, ogni scoperta di idrati di metano era emozionante, ma «oggi bisogna chiedersi: esiste qualche posto dove non ci sono?», spiega Paull.

Circa l'uno per cento degli idrati di metano si trova sulla terraferma, in mezzo agli strati di permafrost vicino ai poli del pianeta. Il resto si trova in gran parte nella cosiddetta zona di stabilità degli idrati, a bassa temperatura e alta pressione, sotto almeno 300 metri di acqua di mare. Lì enormi reti di cristalli saturano gli strati di sedimenti con uno spessore fino a 1000 metri. Oltre questi 1000 metri di sedimenti, il metano esiste solo sotto forma di gas, riscaldato dalle profondità della Terra. Gli idrati si formano in modo costante ma imprevedibile: in alcuni spazi porosi tra i granelli di sabbia diventano solidi, mentre in altri restano un gas che fluisce. Gli scienziati non sanno perché in un determinato punto prevalga uno stato o l'altro.

Capire con precisione i dettagli più misteriosi degli idrati – perché fluttuano tra lo stato gassoso e quello solido, o per quanto tempo tengono il metano in un certo luogo – è essenziale per chiunque cerchi di ricavarne energia. Queste domande sono diventate più incalzanti con il successo dei test. La nave *Chikyu* ha trivellato sedimenti ricchi di idrati, poi ha pompato acqua dall'area circostante. La sottrazione di acqua ha ridotto la pressione locale, e di conseguenza il metano si è dissociato dal suo reticolo di ghiaccio nel sedimento. Dal pozzo è uscito gas per cinque giorni e mezzo.

Il Giappone è in testa alla piccola ma importante corsa interna-

zionale per lo sviluppo degli idrati a fini energetici, spendendo 120 milioni di dollari in ricerca lo scorso anno. Nel 2010 gli Stati Uniti hanno investito 20 milioni di dollari, ma nel 2013 questa cifra è scesa a soli 5 milioni. Germania, Taiwan, Corea del Sud, Cina e India hanno programmi di ricerca simili, come le aziende petrolifere Shell e Statoil. Pur essendo spese considerevoli, queste cifre impallidiscono di fronte ai miliardi di dollari che a livello globale l'industria del petrolio ha speso in ricerca e sviluppo nel solo 2011.

Per un paese che ha difficoltà a importare energia e sta ancora lavorando alla bonifica successiva al disastro nucleare di Fukushima, basta la quantità di metano al largo delle coste giapponesi a renderne interessante lo sfruttamento. Gli statunitensi sono meno motivati a esplorare gli idrati come fonte di energia, perché gli Stati Uniti sono già sommersi di *shale gas* a basso prezzo, al cui confronto gli idrati sono molto costosi. Anche il Canada è ricco di idrati, ma nel 2013 ha abbandonato il suo programma di ricerca per motivi analoghi.

Se ci fosse un'«applicazione perfetta» per estrarre gli idrati di metano, sarebbe un sistema in grado di stabilizzarne la struttura, catturare i gas serra rilasciati dall'estrazione e fornire combustibile. Proprio quello che ha provato a fare nel 2012 un gruppo di ricercatori provenienti da USGS, Department of Energy degli Stati Uniti, ConocoPhillips e organizzazioni giapponesi e norvegesi. Gli scienziati hanno pompato una miscela di anidride carbonica e azoto (per evitare la formazione di ghiaccio) in un idrato coperto dal permafrost lungo la costa settentrionale dell'Alaska. Si sperava che la CO_2 spingesse fuori il metano e ne prendesse il posto, restando intrappolata nel reticolo ghiacciato e mantenendo intatta la struttura degli idrati.

Il metano è uscito da un pozzo di prova per un mese, ma alla fine del lavoro i ricercatori non sapevano con certezza se la CO_2 avesse sostituito le molecole di metano. «Il concetto è semplice, ma la natura è più complicata», spiega Ray Boswell, *technology manager* per gli idrati presso il National Energy Technology Laboratory del Department of Energy. Boswell afferma che i dati dei test hanno rivelato «un fondo caotico e oscuro». Nonostante il relativo successo, ConocoPhillips ha assegnato ad altri incarichi i dipendenti coinvolti nel progetto. Il Department of Energy sta cercando un nuovo partner industriale per continuare gli esperimenti.

Secondo Paull, l'esperimento riflette la nostra comprensione limitata del comportamento degli idrati. Nel 2010 Paull ha diretto un comitato della statunitense National Academy of Sciences che ha esaminato il lavoro del Department of Energy sugli idrati di metano come fonte energetica. Il comitato ha concluso che probabilmente gli ingegneri possono superare gli ostacoli tecnici nella produzione di combustibile con gli idrati, tuttavia bisogna dare una risposta a molte domande di tipo scientifico, ambientale e ingegneristico per decidere con cognizione di causa se procedere o meno. Contrariamente ai depositi di petrolio, gli idrati sono per loro natura instabili e difficili da mappare, e i loro effetti sugli ecosistemi circostanti sono ancora poco chiari. «Credo che non abbiamo un'idea abbastanza chiara di che cosa significhi estrarli in modo appropriato sotto l'aspetto ambientale», afferma Paull.

Bloccati in una sala ghiacciata

Capire la natura ingannevole e imprevedibile degli idrati è fondamentale per appurare se si possono estrarre in modo affidabile e se rischiano di amplificare il riscaldamento terrestre.

Per esempio basta toccare gli idrati per farli passare dallo stato solido a quello gassoso, rovinando un esperimento. Per questo Paull ha detto all'equipaggio della *Western Flyer* di non toccare l'affioramento ghiacciato fino alla fine dell'immersione. Mentre il robot scivolava sopra il fondale torbido e verdastro, la collina si ergeva come una gigantesca vescica dalla superficie butterata, come se qua e là l'avessero colpita minuscoli meteoriti. Paull sospetta che questi segni siano punti da cui si sono staccati frammenti di idrato, anche solo perché sfiorati da un pesce. Ogni volta che si trovano dei depositi in mare si vedono pezzi candidi di idrato fragile andare alla deriva verso l'alto, preceduti da bolle di gas, come se fossero comete tirate per la coda verso la superficie marina.

Gli idrati si dissociano e si formano continuamente in tutta la zona di stabilità. In un'immersione, il *sonar* di Doc Ricketts ha localizzato un flusso di bolle di gas che emergeva dalla collinetta. Paull voleva sapere se questo gas era stato creato in un'area calda nelle profondità della crosta terrestre, simile alle aree in cui hanno origine gas naturale e petrolio, o se era stato prodotto biologicamente nei sedimenti da microbi che elaborano parti di materiale organico che fluttuano con i sedimenti stessi. Praticamente tutti i depositi contengono gas proveniente da fonti biogeniche e alcuni anche da fonti termogeniche; capire questa miscela può contribuire a determinare il modo in cui si sia formata una collinetta e che cosa si trovi al di sotto. Paull ha chiesto al pilota di far scendere il robot fino alla fonte delle bolle: una fessura tetra circondata da molluschi bivalvi che consumano i batteri dipendenti dalla chemiosintesi, cioè dalla trasformazione del metano in energia.

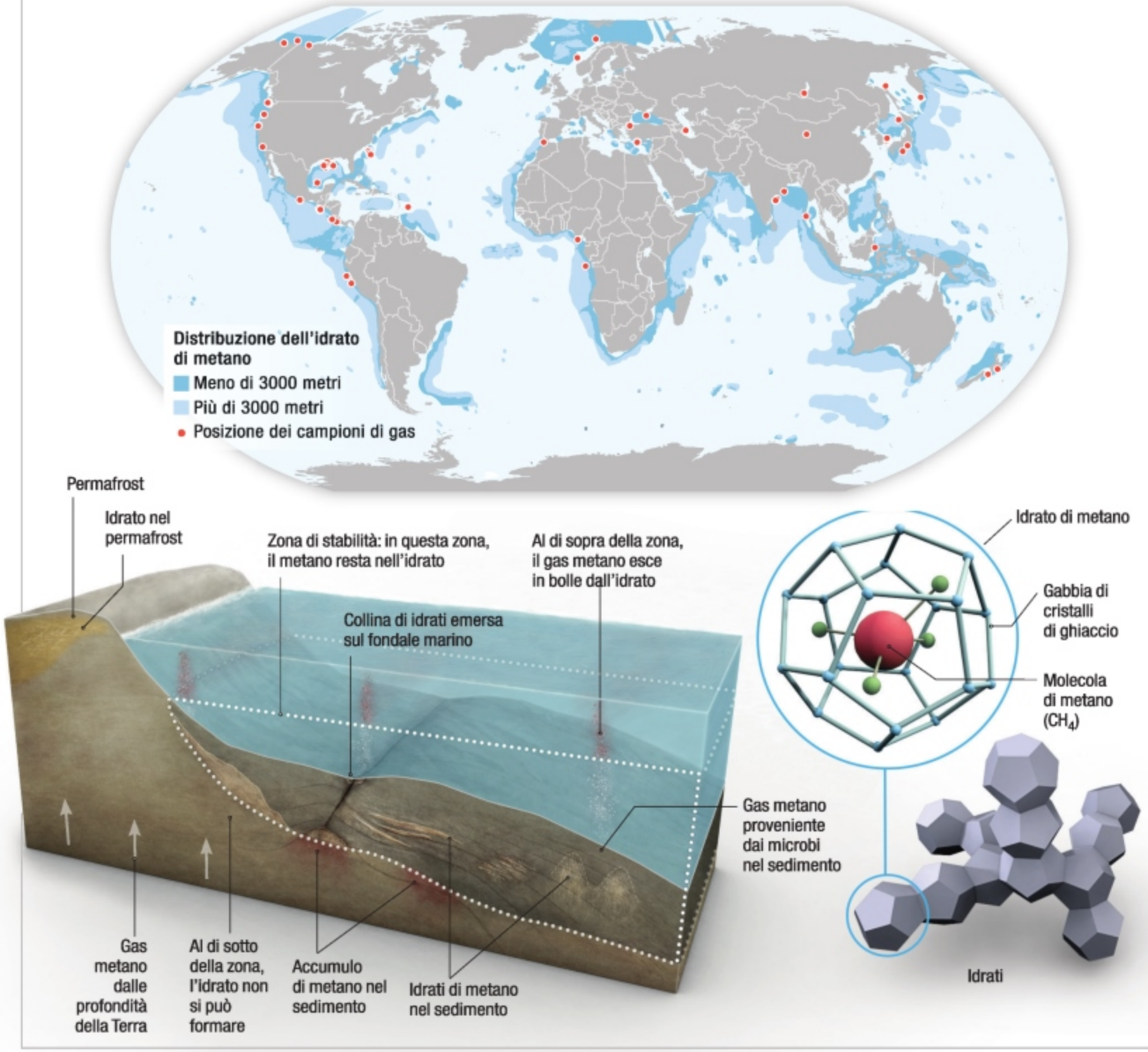
Gli idrati in profondità al largo degli Stati Uniti continentali potrebbero contenere gas naturale sufficiente per 2000 anni, al tasso di consumo attuale nel paese

L'equipaggio ha fatto arrivare Doc Ricketts sull'affioramento, e le telecamere hanno subito rivelato un granchio appollaiato vicino alle bolle di gas, che cercava furiosamente di portarsele alla bocca con le chele. Poiché l'acqua aveva una temperatura di soli 2 gradi Celsius e la pressione era altissima, il gas ha formato presto piccoli cristalli, che hanno incrostato la bocca del granchio con una ridicola barba bianca, sventando i suoi tentativi di mangiarli. Un biologo a bordo ha riferito che spesso si vedono granchi che cercano di divorare le bolle di metano, anche se sembra non ne ricavino nutrimento.

Per non avere lo stesso problema del granchio, gli ingegneri dell'istituto hanno collegato un'unità riscaldante a un imbuto che porta alle bottiglie per raccogliere i campioni, tutte manovrabili dal robot. Anche in questo modo, l'equipaggio ha avuto bisogno di varie immersioni nel corso di alcuni giorni per raccogliere

Gas ghiacciato nascosto dappertutto

Gli idrati di metano si trovano sul fondo dei mari lungo le coste di tutto il mondo (*regioni in blu*). I ricercatori hanno raccolto campioni (*punti in rosso*) per lo più sotto mari poco profondi, ma ritengono che le acque più profonde nascondano depositi più grandi. Gli idrati si formano nei sedimenti sul fondale marino (*in basso a sinistra*), quando il metano resta intrappolato nei cristalli di ghiaccio (*in basso a destra*). Il gas può avere origine nelle profondità della Terra da microbi che digeriscono materia organica. In alcuni punti i frammenti di idrati possono risalire nell'acqua, emettendo bolle di metano quando escono dalla zona di stabilità (*linee tratteggiate*). Gli idrati si possono formare anche nel permafrost sulla terraferma.



Mappa XNR Productions; illustrazione Joseml Miguel Mayo. Fonti: *Global Distribution of Methane Hydrate in Ocean Sediment*, Klauda J.B. e Sandler S.I., in «Energy & Fuels», Vol. 19, n. 2, marzo 2005 (*mappa base*); USGS Gas Hydrates Project (*dati campioni recuperati*)

campioni sufficienti a determinare la miscela di gas termogenici e biogenici.

Paull inoltre ha voluto scoprire l'età della collinetta, per capire la velocità con cui si è formata. L'equipaggio ha condotto Doc Ricketts su un'estremità della collinetta e ha manovrato i bracci per prelevare campioni della parte interna, spingendovi tubi appositamente progettati. In alcuni punti il robot non ha fatto fatica a inserire i tubi nei sedimenti ghiacciati e sporchi. In altri, invece, i tubi si sono incastrati contro sporgenze di qualcosa che poteva essere ghiaccio o un'altra sostanza dura, per esempio carbonato di calcio.

Nel bel mezzo del lavoro, le luci a LED del robot hanno illuminato misteriose bolle azzurre. Nel frattempo nella sala di comando il geologo dello USGS Thomas Lorenson ipotizzava che potessero essere bolle di petrolio. Le piccole perdite dai giacimenti sottomarini di petrolio e gas sono un fenomeno naturale costante sul

fondo dei mari. Secondo una ricerca pubblicata nel 2003 dalla National Academy of Sciences, ogni anno nel mondo queste fuoriuscite di petrolio ammontano a 680 milioni di litri. Danno sostentamento a grandi comunità di molluschi bivalvi, vermi e altri organismi, e dimostrano quanto sarebbe difficile stabilire che cosa sia un ambiente sano nel caso gli idrati venissero estratti per produrre energia.

Una volta riposti su Doc Ricketts i campioni del nucleo, lunghi due metri, l'equipaggio ha impiegato un'ora per riportare sulla nave il robot e il suo carico prezioso. Quando il veicolo è entrato nello scafo tramite una camera di equilibrio ad apertura scorrevole, ha diffuso un odore insopportabile di petrolio e uova marce. I ricercatori hanno messo in freezer alcuni campioni per analizzarli in seguito, e ne hanno esaminati altri sulla nave. I nuclei fangosi somigliavano a cioccolata effervescente per la presenza di tutto quel gas dissolto.

Paull e il suo gruppo hanno cominciato a lavorare rapidamente sui nuclei più piccoli, rovesciandoli su vassoi per misurare ogni centimetro di sedimento e stabilire quando si fosse depositato. Lo sporco di fronte a me era lo scenario di una sfrenata festa di microbi: i sedimenti freddi contengono migliaia di tipi diversi di microbi che creano metano, lo consumano e scambiano molecole di zolfo e ossigeno. Le formazioni di idrati, per quanto grandi possano essere, sono solo tappe intermedie tra il sedimento sotto il fondale oceanico e l'acqua marina al di sopra. Lorenson paragona questo spazio alla «sala d'attesa di un aeroporto», dove ciascuno aspetta il suo turno di prendere il volo.

Gerald Dickens, esperto di scienze della Terra alla Rice University, paragona gli idrati a livello globale a un enorme condensatore per il metano che sale fino nei sedimenti o si crea al loro interno: trattengono il gas, poi gradualmente lo rilasciano nell'acqua dell'oceano e, potenzialmente, nell'atmosfera. Quello che non sappiamo è la velocità di questo condensatore, cioè quanto tempo gli idrati restano nella sala d'attesa prima di emergere. Il gas potrebbe aspettare anche per 7 milioni di anni, o uscire rapidamente, il che potrebbe aggravare il riscaldamento globale.

L'insicurezza aumenta anche per il fatto che i ricercatori non conoscono la quantità di idrati che si trova effettivamente in attesa laggiù nei condensatori. Nel 2011 Dickens ha citato una serie di articoli per arrivare a una stima tra 170 e 12.700 miliardi di tonnellate di carbonio: un intervallo così ampio da far capire quanto siano incerte le previsioni. L'estremità superiore di quella stima significa che gli idrati di metano potrebbero contenere oltre il triplo del carbonio compreso in tutte le altre riserve quantificate di combustibili fossili, valutato attualmente in 4000 miliardi di tonnellate.

Tsunami di metano

Come condensatori, gli idrati possono anche liberare grandi quantità di energia tutte insieme, fatto che da tempo suscita preoccupazione tra i ricercatori. Poiché gli idrati hanno una forte tendenza a galleggiare, se disturbati possono essere pericolosi. Un metro cubo di idrato, portato a temperatura e pressione ambiente, si espande fino a 164 metri cubi di gas metano e 0,8 metri cubi d'acqua. Quando i terremoti scuotono gli idrati, la loro espansione può scatenare frane, che a loro volta possono causare tsunami. Sono attribuiti a questo effetto domino le frane di Storegga, responsabili di un'onda che 8100 anni fa colpì l'attuale Regno Unito, e lo tsunami di Sissano, che nel 1998 provocò oltre 2000 vittime a Papua Nuova Guinea.

Evitare questi rischi geologici sarà una sfida per chiunque cerchi di estrarre gli idrati a fini energetici. Il petrolio e il gas tradizionali sono liquidi prodotti trivellando le rocce fino ai giacimenti sigillati nel sottosuolo. Ma il metano in un idrato si trova in un solido che, per essere estratto, deve trasformarsi in gas, mettendo in movimento l'intera struttura.

Una maggiore preoccupazione a livello planetario riguarda la destinazione del metano quando si dissocia. Se finisce in atmosfera, invece di essere assorbito dall'acqua di mare, potrebbe avere un impatto dirompente sul clima. Ho avuto occasione di osservare un pezzo di idrato risalire la colonna d'acqua. A un certo punto, dalla formazione a 1800 metri di profondità il robot ha staccato un blocco di idrato ghiacciato grande come un melone, e ha cercato a fatica di inserire questa massa galleggiante in una sacca a rete, in un balletto frustrante che un osservatore ha paragonato alla «palla-canestro in assenza di gravità». Mentre osservavo dalla sala di comando, nell'acqua profonda la palla è rimasta di fatto intatta. Ma quando il robot è salito oltre la zona di stabilità si è dissociato altro gas, e la sacca è stata oscurata da una fitta cortina di bolle. Quando alla fine il robot è arrivato in superficie, l'idrato aveva ormai un volume pari solo a quello di qualche cucchiaio. Sul ponte, Lorenson ha subito immerso nell'azoto liquido il campione che stava per scomparire, per esaminarlo in seguito. Inoltre ne ha acceso un pezzetto e me ne ha offerta un'altra scheggia da assaggiare. Mi faceva le bollicine in bocca, ed era disgustoso proprio come ci si può aspettare da un sorbetto agli idrocarburi, se non per un retrogusto aromatico che sapeva quasi di menta.

Le immersioni subacquee potrebbero chiarire una questione molto discussa: il rischio che gli oceani sempre più caldi possano liberare enormi quantità di metano

Quella salita sfrenata potrebbe dare un'idea di quanto metano rischi di finire nell'aria. Peter Brewer, esperto di chimica degli oceani del Monterey Bay Institute, ha usato la tomografia a raggi X per esaminare gli idrati in risalita, e in questo modo ha scoperto che si dissociano sia dall'esterno sia dall'interno. Un altro esperimento ha dimostrato che le bolle formavano sottili «pellicine» di idrato, simili a palline da ping pong, che salendo scoppiettavano in modo eccentrico. Scoprire gli aspetti fisici e chimici della dissociazione, spiega Brewer, aiuterà i ricercatori a determinare in che punto della colonna d'acqua si verifica il fenomeno della dissociazione, come il metano viene consumato dai microrganismi dell'oceano, quanto in genere ne arriva in superficie – sempre che accada – e quanto presumibilmente ne può finire in atmosfera.

LA NAVE giapponese *Chikyu* si prepara a trivellare gli idrati di metano nei sedimenti a 1000 metri di profondità, sotto il fondo dell'Oceano Pacifico.

Ap Photo

Pistola fumante

Queste informazioni potrebbero aiutare a chiarire una questione al centro di un acceso dibattito tra gli scienziati da oltre un decennio: la possibilità che il riscaldamento dei mari liberi quantità enormi di metano e che questa emissione superi la capacità di assorbimento degli oceani. Secondo una prima teoria, indicata come ipotesi del «cannone a clatrati», gli idrati potrebbero accumularsi e quindi liberare metano con conseguenze catastrofiche, in cicli che si ripetono nel corso di molte migliaia di anni. Questo scenario ciclico non è confermato dalla documentazione fossile, ma resta la possibilità che un'unica grande emissione di metano dagli idrati abbia contribuito al rapido riscaldamento della Terra nel suo periodo più caldo, il «massimo termico», 55 milioni di anni fa.

Al contrario, i modelli realizzati da David Archer dell'Università di Chicago indicano che nel corso dei millenni gli idrati potrebbero sprigionare metano in continuazione, provocando un forte cambiamento nel riscaldamento globale, in cui le temperature crescenti causerebbero un'ossidazione di alcuni idrati in CO_2 nell'oceano, prolungando la tendenza al riscaldamento.

Gli idrati intrappolati sotto il permafrost terrestre nell'Artico, insieme a quelli nascosti sotto mari poco profondi appena al largo delle coste, potrebbero costituire una minaccia più immediata. Nel novembre 2013 un gruppo guidato da Natalia Shakhova, dell'Università dell'Alaska a Fairbanks, ha valutato che la piattaforma continentale artica della Siberia orientale liberi ogni anno in atmosfera 17 milioni di tonnellate di metano: il doppio rispetto alle stime precedenti. Shakhova ha scoperto in soli 50 metri di acqua marina molte bolle di metano che salivano dai depositi di idrati coperti dal permafrost. Sembra che durante le tempeste, frequenti in questa zona, le bolle si miscelino direttamente con l'atmosfera. Senza ulteriori ricerche non è possibile sapere se questo fenomeno si stia verificando in tutto l'Artico o anche solo se il metano provenga principalmente dagli idrati o dal permafrost. Per noi, è l'ennesimo punto oscuro.

Il lavoro sulla nave ha messo in evidenza un altro mistero. Nell'ultimo giorno che ho trascorso a bordo, Paull aveva maneggiato i piccoli campioni del nucleo nel laboratorio della *Western Flyer*, prima dei risultati che sarebbero arrivati da analisi su lunghe carote di ghiaccio effettuate in seguito dallo USGS. Paull riteneva probabile che il sedimento visibile in cima alla collinetta fosse relativamente recente, cosa che poteva verificare cercando tracce di DDT, che compaiono solo dopo il 1945. Ma il fatto che i sedimenti avessero sollevato e riempito di protuberanze il fondo marino faceva ritenere che si fossero formati nel corso di 10.000 anni, un tempo ancora relativamente breve in termini geologici.

L'analisi delle schegge di idrato ghiacciate, inviate da Lorenson alla Colorado School of Mines, ha poi rivelato che la collinetta non solo conteneva il proprio metano ma inoltre copriva un sistema di depositi al di sotto. I ricercatori del Colorado hanno scoperto svariati isotopi del carbonio, e quindi si può ipotizzare che l'idrato si sia formato in due diversi giacimenti caldi in profondità, da due tipi di gas di origine microbica. Questo schema implica che il gas era salito da un punto di formazione prima sconosciuto nelle profondità della crosta terrestre, si era unito a un altro gas in un altro punto meno profondo e quindi si era fatto strada tra i sedimenti mischiandosi a gas biogenici, tra cui uno formato da microbi che avevano trasformato il petrolio leggero in metano. Lorenson era sorpreso: «Indica la complessità della migrazione di petrolio e gas. Non capiamo che cosa stiano facendo laggiù tutti gli attori principali».

Cercando di misurare una collinetta, il robot si era imbattuto in un mondo sotto di essa, molto più grande. La nostra collina era un tappo, relativamente piccolo, che chiudeva un gigantesco deposito di metano e petrolio. L'idrato di metano dimostra di sfuggire alle domande semplici sul suo ruolo di grande occasione per l'energia o di minaccia per il clima, ponendo interrogativi molto più ampi sul funzionamento dei sistemi globali e sulle sue scale temporali. Gli scienziati devono rispondere a queste domande – con investimenti molto maggiori nella scienza di base della Terra – per capire come questa sostanza misteriosa colleghi il carbonio dal passato della vita sul pianeta al suo futuro. ■

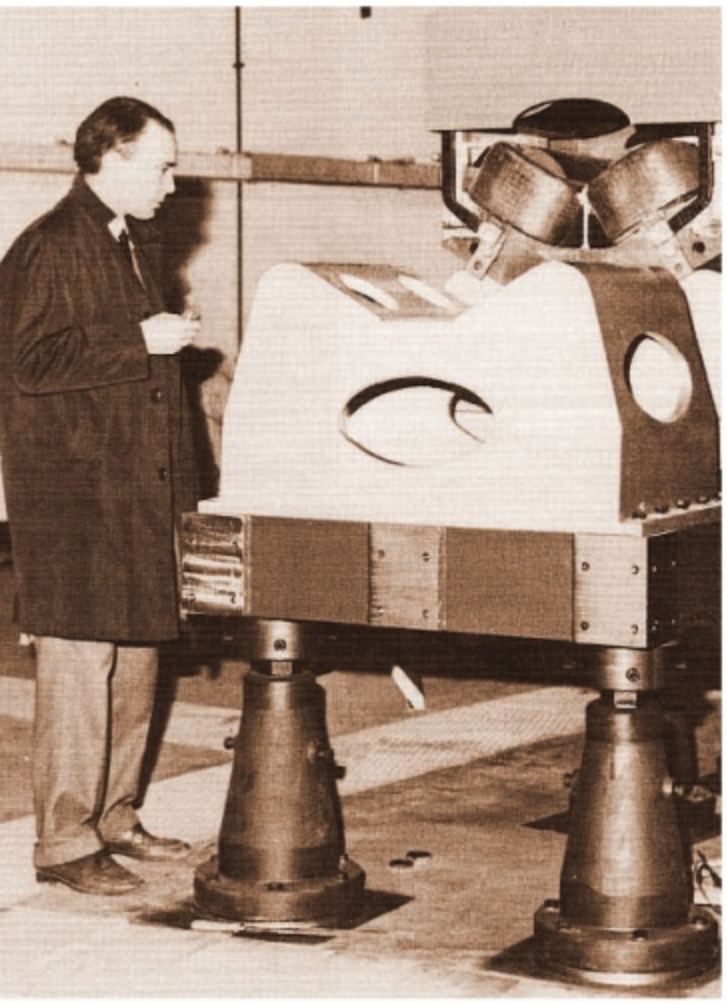
PER APPROFONDIRE

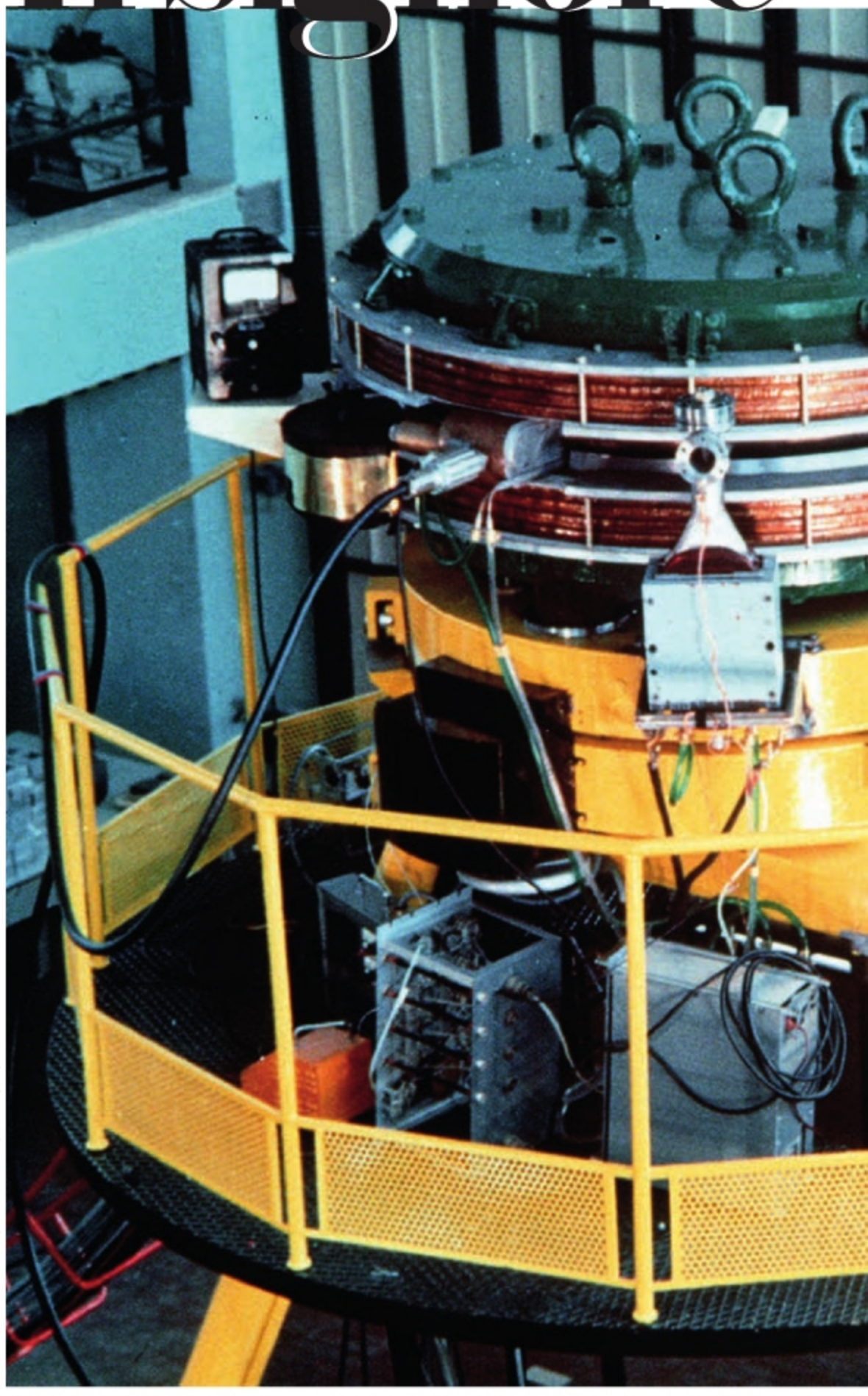
Methane Hydrates and Contemporary Climate Change. Ruppel C.D. in «Nature Education Knowledge», Vol. 3, n. 10, articolo n. 29, 2013.

Un blog sulla spedizione per il metano descritta in questo articolo: **www.mbari.org/expeditions/Northern13/Leg1/index_L1.htm.**

Metano: la minaccia dal profondo. Anthony K.W., in «Le Scienze» n. 498, febbraio 2010.

Il signore





Cortesia Archivio Battimelli (*Touschek, in alto*); ANSA (*AdA*)

L'ideatore e il prototipo. Sopra Bruno Touschek nel 1961 ai Laboratori nazionali di Frascati dell'Istituto nazionale di fisica nucleare; accanto AdA, il prototipo dei collisori di materia e antimateria costruito nel 1960 in base alle idee di Touschek.

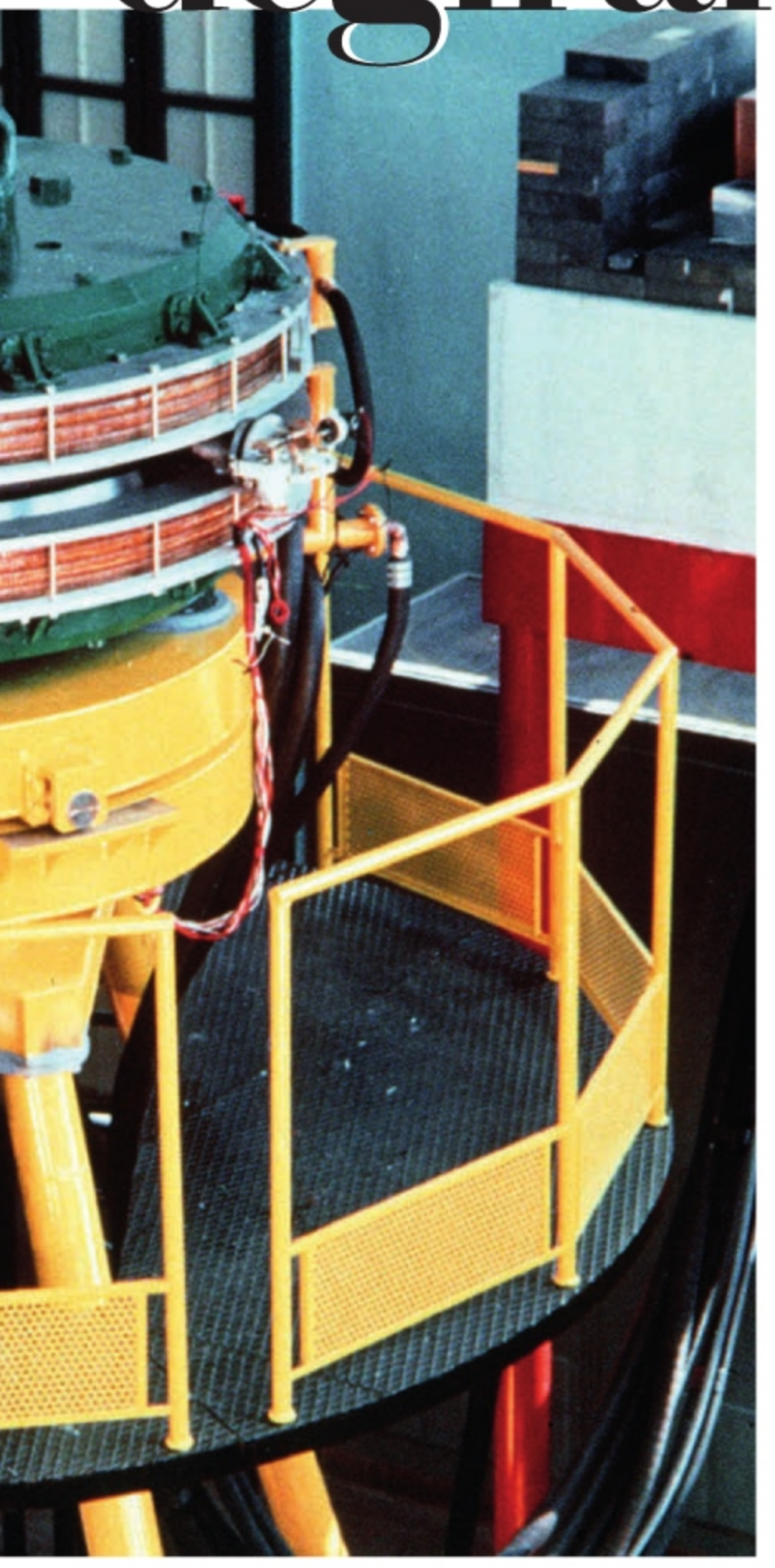
IN BREVE

All'inizio degli anni sessanta, ai Laboratori di Frascati dell'Istituto nazionale di fisica nucleare, Bruno Touschek ideò e costruì Ada: il primo collisore circolare a fasci incrociati di materia e antimateria.

Anni dopo, ADONE prese il posto di Ada: non era più un prototipo, ma una macchina con cui indagare i segreti della materia. ADONE raggiungeva regioni di energia mai esplorate e avrebbe potuto scoprire nuove particelle.

Ma l'entrata in funzione di ADONE fu rallentata da varie contingenze, non solo di carattere scientifico. Questo ritardo, e la scelta dei responsabili della macchina di non aumentarne di poco l'energia, fecero perdere ad ADONE e a Touschek la corsa per il nuovo mondo delle fisica delle particelle, che avrebbe portato anche a diversi premi Nobel.

degli anelli



Le gigantesche macchine circolari in cui oggi si scontrano materia e antimateria sono figlie di un prototipo realizzato oltre cinquant'anni fa da Bruno Touschek nei laboratori dell'INFN

di Giorgio Sestili

Era ormai notte, il 10 novembre 1974, quando nei Laboratori nazionali di Frascati dell'Istituto nazionale di fisica nucleare (INFN), a una ventina di chilometri a sud di Roma, improvvisamente squillò il telefono. A rispondere fu Giorgio Bellettini, direttore dei laboratori dal 1974 al 1976, che successivamente avrebbe diretto e partecipato a importanti progetti di ricerca al CERN di Ginevra e al Fermi National Accelerator Laboratory negli Stati Uniti. All'altro capo del telefono, la voce di Sau Lan Wu, collaboratrice di Samuel Ting, fisico statunitense di origini cinesi a capo di un gruppo di ricerca al Brookhaven National Laboratory, vicino New York, che di lì a poco avrebbe vinto il Nobel per la fisica. Bellettini si rese subito conto che quella chiamata era importante. Senza troppi giri di parole, Wu comunicò la rilevazione di una nuova particella prodotta all'energia di 3,1 gigaelettronvolt, ovvero 3,1 miliardi di elettronvolt. (L'elettronvolt è l'unità di misura che, grazie alla famosa equazione di Einstein $E = mc^2$, è usata per misurare la massa delle particelle).

E il gruppo di Ting non era il solo: anche allo Stanford Linear Accelerator Center, sempre negli Stati Uniti, il team guidato da Burton Richter aveva registrato lo stesso segnale.

A Bellettini in un attimo si gelò il sangue. Corse verso la sala della sperimentazione e subito prese la decisione: «Dobbiamo rischiare, tiriamo ADONE per il collo e portiamolo oltre la sua energia massima, fino a 3,1 gigaelettronvolt».

Fu così che, anche nei Laboratori di Frascati, in appena due giorni, si rilevò il limpido segnale della nuova particella, che Ting e Richter chiamarono J/Ψ. Era l'alba della cosiddetta «rivoluzione di novembre», che in breve tempo avrebbe sconvolto l'intera fisica e portato alla consacrazione della teoria del modello standard delle particelle elementari, che spiega tre delle quattro forze fon-

damentali esistenti in natura. I primi a varcare la soglia di questo nuovo mondo furono però i fisici statunitensi: Ting e Richter ricevettero il Nobel per la fisica nel 1976, a soli due anni dalla loro scoperta. Per un pugno di megalettronvolt (*si veda il box in questa pagina*), ai fisici italiani non spettò alcun riconoscimento. Eppure, questa storia ebbe inizio proprio a Frascati, grazie a un'idea geniale scaturita dalla fervida mente di Bruno Touschek, pioniere della ricerca sugli acceleratori di particelle.

Un'idea geniale

Touschek nacque a Vienna il 3 febbraio 1921. Il padre, Franz Xaver, era un ufficiale dello Stato maggiore dell'esercito austriaco; sua madre, Camilla Weltmann, proveniva da un'illustre famiglia ebrea viennese, particolarmente conosciuta nei circoli intellettuali e artistici della capitale austriaca. Le leggi di Norimberga, che nella Germania nazista negavano la cittadinanza agli ebrei e vietavano i matrimoni fra «non ariani» e «tedeschi», vennero approvate nel 1935, e l'adolescenza di Touschek, considerato di «sangue misto», fu indelebilmente segnata dalle norme razziali.

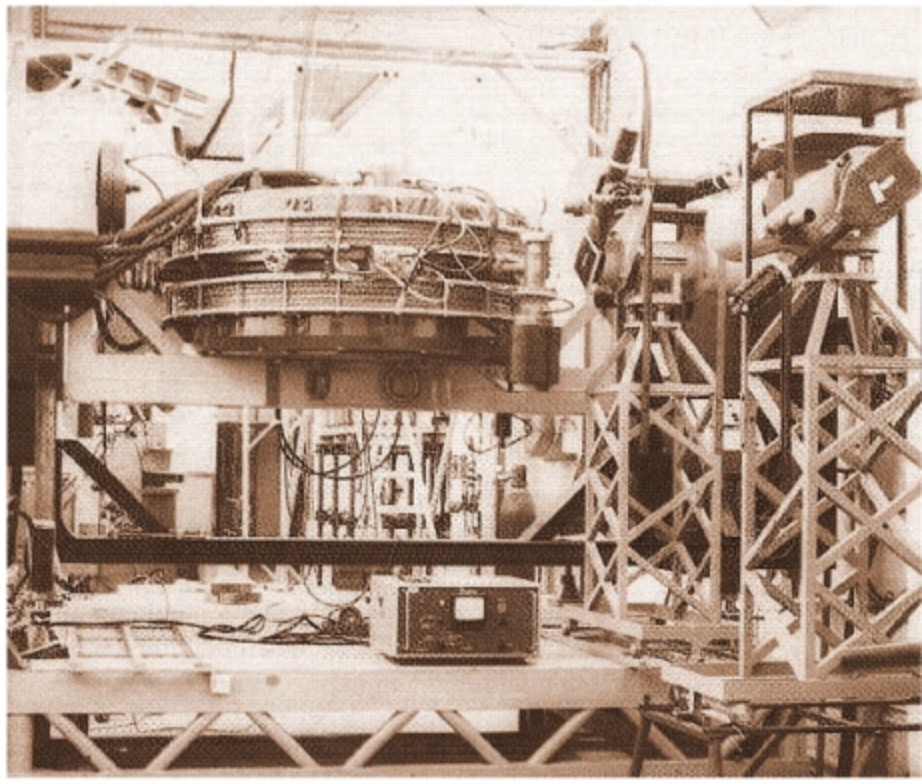
A Vienna, Touschek fu ripetutamente cacciato prima dalla scuola e poi dall'università, nonostante si fosse già ampiamente distinto nei corsi di matematica e fisica per le sue brillanti capacità. Decise così di raggiungere Amburgo, per tentare di concludere gli studi universitari. Ma non ci volle molto perché le attenzioni della Gestapo, la polizia segreta della Germania nazista, si concentrassero sul giovane studioso austriaco che, all'inizio del 1945, venne arrestato e rinchiuso nel carcere di Amburgo. Trascorsi pochi mesi, arrivò l'ordine di trasferire i detenuti dalla prigione a un campo di concentramento a Kiel, una città dell'estremo nord della Germania. Touschek era malato, aveva la febbre alta e portava con sé un pesante pacco di libri, da cui non voleva separarsi. Arrivati alla periferia di Amburgo, fu colto da un malore e cadde svenuto in un canale sul bordo della strada. Un agente non ci pensò su due volte, estrasse la pistola e gli sparò in testa. Credendolo morto, lo lasciarono lì, sanguinante e privo di sensi. Fortunatamente la pallottola aveva solo perforato l'orecchio e Touschek si salvò. Gli orrori della guerra e la follia delle leggi razziali non riuscirono così a interrompere prematuramente l'avventura umana e scientifica del fisico. Un'avventura che, come vedremo, segnò profondamente lo sviluppo della fisica delle particelle.

Trasferitosi a Roma nel 1952, Touschek iniziò la sua attività di ricerca e insegnamento all'Istituto di fisica «Guglielmo Marconi». Alla fine degli anni cinquanta, i suoi interessi si orientarono verso la fisica delle particelle e la costruzione di macchine acceleratrici. Fu così che cominciò a frequentare i laboratori di Frascati dell'INFN, dove era in costruzione un elettrosincrotrone, un acceleratore per elettroni, che sarebbe entrato in funzione nel 1959, fra i migliori al mondo per energia massima e caratteristiche tecniche.

Parallelamente, in tutto il mondo la sfida alle alte energie cominciava a farsi frenetica. La necessità di allora era la stessa di oggi: aumentare l'energia disponibile nelle collisioni per andare alla ricerca di nuove particelle sempre più massicce. I laboratori di Frascati non potevano esimersi da questa sfida. Per superare i più importanti centri internazionali era necessario pensare a un nuovo tipo di macchina. C'era bisogno di un'idea imprevedibile.

L'idea l'ebbe proprio Touschek, e la espose il 7 marzo 1960 in un seminario a Frascati. La proposta si rivelò subito innovativa sotto vari punti di vista. La prima considerazione era semplice: due automobili che si scontrano frontalmente, al momento dell'urto liberano molta più energia di un auto che si schianta

Giorgio Sestili si è laureato in fisica con una tesi su ADONE, per la quale ha studiato i documenti negli archivi di Bruno Touschek, Edoardo Amaldi e Marcello Conversi.



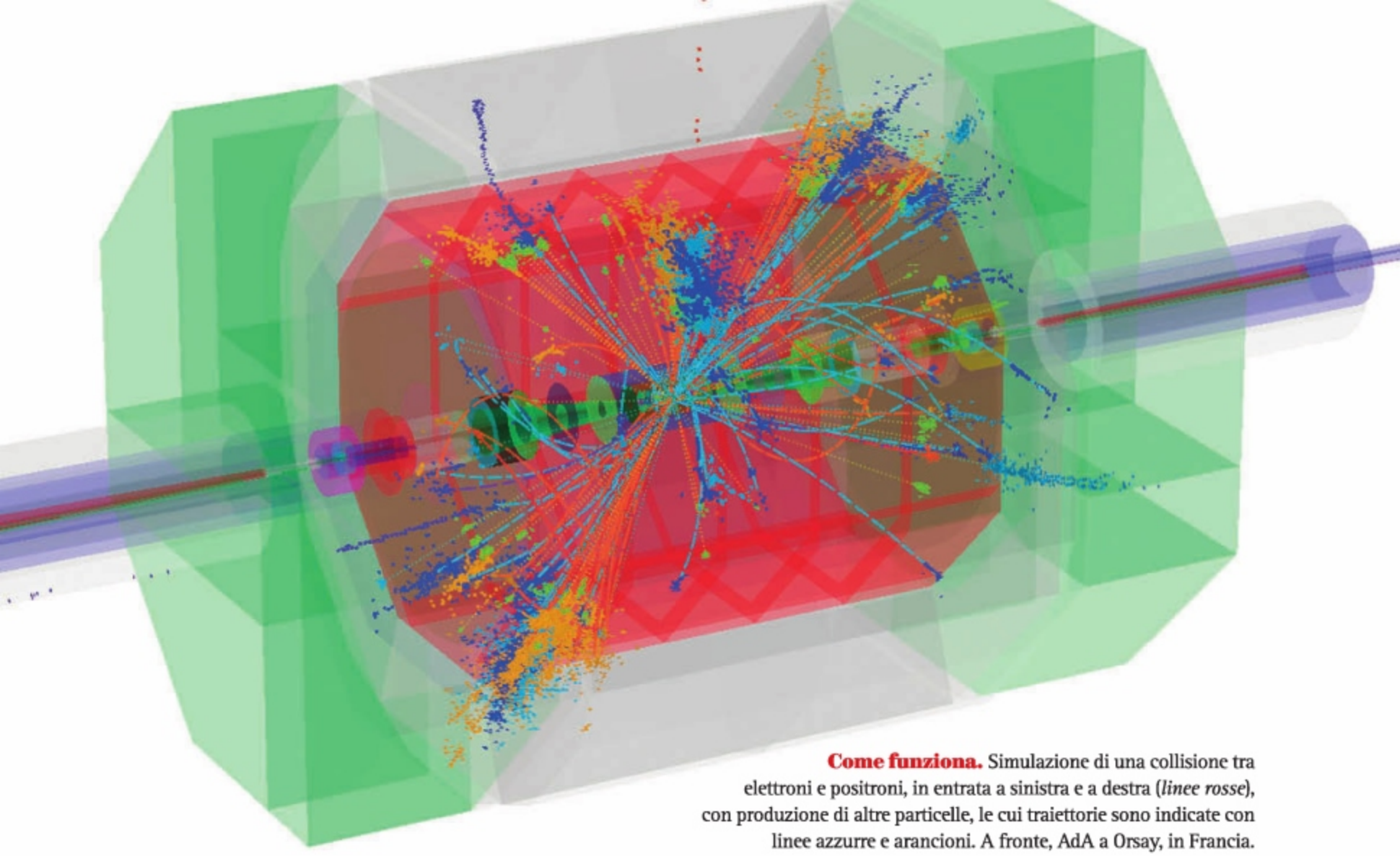
Cortesia Archivio Battimelli (AdA)

IL LIMITE

Per un pugno di megaelettronvolt

Fra le tappe che hanno portato alla costruzione e all'entrata in funzione di ADONE c'è un momento cruciale che avrebbe potuto cambiare le sorti di questo esperimento. Le fonti sono i verbali originali della Commissione Esperienze ADONE (CEA), conservati negli archivi di Bruno Touschek ed Edoardo Amaldi al dipartimento di fisica «Guglielmo Marconi» della «Sapienza» Università di Roma.

Era l'ottobre 1963. Dal CERN, dove erano in corso esperimenti sui neutrini, arrivarono alcuni risultati che indicavano la probabile esistenza del bosone W, particella che media le interazioni deboli (le reazioni nucleari provocate dalle interazioni deboli sono alla base della produzione di energia da parte del Sole) in una finestra di energia compresa fra 0,8 e 1,8 gigaelettronvolt. Nella riunione del 7 ottobre, Bruno Touschek, Ruggero Querzoli, Carlo Bernardini e Ferdinando Amman discussero a lungo dell'opportunità di modificare i parametri tecnici di ADONE, estendendo l'energia massima della macchina oltre 1,5 gigaelettronvolt per fascio, alla luce delle possibili nuove rivelazioni del CERN. Dopo attente valutazioni di carattere tecnico e finanziario, si decise di rimanere su 1,5 gigaelettronvolt per fascio. Oggi sappiamo che le stime sulla massa del bosone W, scoperto vent'anni dopo al CERN da Carlo Rubbia e Simon van der Meer (che ricevettero per questo il Nobel per la fisica), erano inesatte, e non di poco. Ma la cosa più importante da un punto di vista storico è che questo fu il momento in cui più si andò vicini alla possibilità di aumentare l'energia di ADONE oltre tre gigaelettronvolt. Se così fosse stato, adesso staremmo raccontando tutt'altra storia.



Come funziona. Simulazione di una collisione tra elettroni e positroni, in entrata a sinistra e a destra (*linee rosse*), con produzione di altre particelle, le cui traiettorie sono indicate con linee azzurre e arancioni. A fronte, AdA a Orsay, in Francia.

contro un muro. Di conseguenza, è molto più conveniente far collidere due fasci di particelle che viaggiano con velocità uguali e direzioni opposte piuttosto che far urtare particelle contro un bersaglio fisso, come si era sempre fatto fino a quel momento. A questo tipo di collisioni, chiamate «collisioni nel centro di massa», lavoravano già diversi laboratori, superando così il principio di funzionamento dei vecchi sincrotroni.

Ma la proposta di Touschek andò ben oltre questa semplice considerazione cinematica. L'urto fra due fasci di elettroni accelerati in direzioni opposte era già stato proposto da Gerard Kitchen O'Neill, fisico statunitense della Stanford University e grande esperto di acceleratori di particelle, ma Touschek non era per niente convinto della validità di quest'idea. Le collisioni fra elettroni implicano uno stato iniziale di carica totale negativa e questo, per le leggi di conservazione, limita le possibili particelle prodotte nello stato finale rispetto a uno stato iniziale neutro.

Touschek così propose quella che ai più, almeno inizialmente, parve un'idea impossibile da realizzare: l'urto fra elettroni e positroni, le loro antiparticelle. Elettroni e positroni sono identici in tutte le loro caratteristiche tranne che nella carica elettrica: i primi hanno carica negativa, i secondi positiva. Elettroni e positroni avrebbero potuto circolare in un unico anello, sfruttando gli stessi campi magnetici che li avrebbero accelerati in direzioni opposte proprio grazie alla loro opposta carica. Queste nuove macchine acceleratrici vennero chiamate «anelli di accumulazione», perché le particelle, una volta iniettate, dovevano essere accumulate in gran numero e fatte circolare per un lungo periodo di tempo.

Ma il punto più importante, e qui c'è tutta la genialità di Touschek, è che il sistema elettrone-positrone è un sistema neutro, e di conseguenza sarebbe stato una sorgente straordinaria per la produzione di nuove particelle. Tutto dipendeva dall'energia massima raggiungibile: «Depositiamo una grande quantità di energia nel vuoto e il vuoto ci dirà su quali frequenze preferisce vibrare», spiegò Touschek.

Fu così che nella primavera del 1960 i fisici e i tecnici dei Laboratori nazionali di Frascati si lanciarono nell'impresa di realizzare il primo anello di accumulazione materia-antimateria, e dimostrare che la loro strada fosse davvero percorribile. A questo prototipo diedero il nome della zia di Touschek: AdA, dalle iniziali di «anello di accumulazione».

Il primo anello

Trascorsi appena 15 giorni dal seminario di Touschek, il 22 marzo 1960, un memorandum interno dei laboratori di Frascati annunciava l'avvio del progetto AdA, indicando già le prime disposizioni: un iniziale stanziamento di otto milioni di lire, e Touschek come leader dell'esperimento, affiancato da Giorgio Ghigo per la parte tecnica e da Carlo Bernardini per quella teorica.

Nei laboratori di tutto il mondo, però, prevaleva un generale clima di scetticismo nei confronti di AdA. «Non riuscirete mai ad accumulare positroni» era la frase che i fisici di Frascati si sentivano ripetere. Eppure nei laboratori regnava un clima di grande entusiasmo e di stretta collaborazione. La costruzione di AdA procedeva a ritmi serrati e così, in meno di un anno, nacque il più piccolo anello di accumulazione mai costruito, con un diametro di 160 centimetri e un peso di 8,5 tonnellate.

A febbraio 1961 cominciò la sperimentazione con AdA e, in pochi giorni, le prime particelle iniziarono a circolare nella ciambella dell'acceleratore. L'eccitazione iniziale fu però subito smorzata dalla conferma di un fenomeno ampiamente previsto: l'intensità con cui venivano iniettate le particelle nell'acceleratore era troppo bassa. C'era bisogno di un acceleratore lineare, un *linac* (da *linear accelerator*), capace di fornire un adeguato numero di elettroni e positroni che poi avrebbero dovuto circolare nella ciam-

Cortesia CERN

Il caso Ippolito e le sue conseguenze

Gli ultimi mesi del 1962 furono segnati da un forte scontro politico riguardante la nazionalizzazione dell'energia elettrica in Italia: a dicembre, sotto il governo di Amintore Fanfani, era stata varata la legge che istituiva l'Ente nazionale per l'energia elettrica (ENEL). Un ruolo cruciale in questa battaglia lo ebbe Felice Ippolito, all'epoca segretario generale del CNEN, il quale sosteneva che la nazionalizzazione sarebbe stata la migliore soluzione per introdurre anche in Italia l'energia nucleare come fonte di elettricità.
Ad agosto 1963, con una serie di note pubblicate dall'agenzia di stampa socialdemocratica, il deputato Giuseppe Saragat sferrò un durissimo attacco al CNEN e in particolare a Ippolito, accusato di cattiva gestione del denaro pubblico. Ne nacque un caso politico, che sfociò con l'arresto di Ippolito il 3 marzo 1964. Il processo di primo grado vide il segretario generale del CNEN condannato a 11 anni di reclusione, ma la sentenza d'appello ridusse la pena a cinque anni, facendo così decadere il quadro accusatorio. Nel 1968, eletto Presidente della Repubblica, Saragat concesse la grazia a Ippolito.
Le conseguenze del caso Ippolito furono negative sia per la politica energetica sia per la ricerca in Italia. Il CNEN fu esautorato da qualunque potere decisionale e le attività degli enti di ricerca furono messe in seria difficoltà dai continui intralci burocratici. Anche il programma ADONE risentì della vicenda e accumulò ulteriori ritardi (specialmente riguardo alla fornitura di alcune parti della macchina), che si andarono ad aggiungere alle altre difficoltà, non solo di carattere scientifico, che resero la gestazione di ADONE estremamente lunga e complicata.

bella per diverse ore. Il linac ideale si trovava nei laboratori di Orsay, vicino a Parigi. In poco tempo, ci si accordò con i francesi per il trasferimento di AdA che, a luglio 1962, venne caricato su un convoglio diretto verso la capitale francese. Alla frontiera, gli ufficiali francesi rimasero perplessi. Non avevano mai visto una macchina del genere, tanto meno trasportata su un camion. «Che c'è lì dentro?», chiese il doganiere. «Il vuoto quasi assoluto». «Ci faccia vedere!». Per raggiungere una tale condizione di vuoto nella ciambella c'erano voluti mesi preziosi di intenso lavoro. Per fortuna i doganieri misero da parte la loro curiosità e AdA poté proseguire il viaggio verso Orsay.

Raggiunta la destinazione, AdA fu subito collegato al nuovo linac. Il risultato fu strabiliante: in poco tempo si riuscì a far circolare un numero assai elevato di particelle nella ciambella, e a mantenerle in traiettoria per un lungo periodo di tempo. I fisici di Frascati erano riusciti nella loro impresa: esplorare la natura su scala microscopica sfruttando gli urti fra elettroni e positroni.

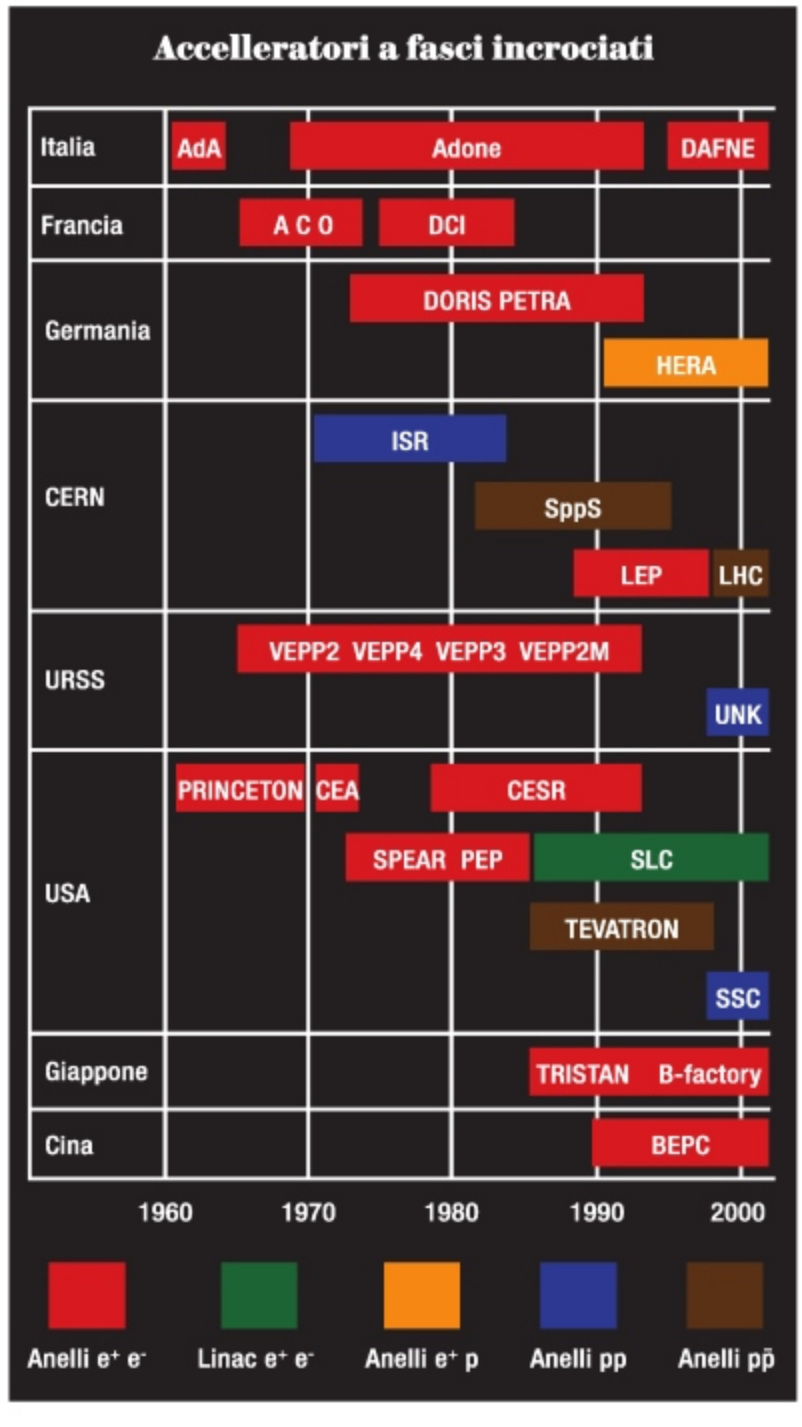
Dal giocattolo alla macchina

I risultati positivi conseguiti da AdA fecero cadere lo scetticismo della comunità scientifica internazionale e nei più importanti laboratori di fisica di particelle di tutto il mondo cominciò la corsa sfrenata alla costruzione degli anelli di accumulazione per elettroni e positroni. AdA, per quanto prezioso, era pur sempre un prototipo, uno splendido «giocattolo». Era arrivato il momento di lanciare la vera sfida italiana alle alte energie.

Anche in questo caso, i fisici italiani giocarono d'anticipo su tutti gli altri. La progettazione di ADONE, il nuovo acceleratore dal diametro di 16 metri, partì alla fine del 1960. Il capo dei macchinisti era Ferdinando Amman, mentre, nel gruppo teorico già formatosi con AdA, si aggiunse l'importantissimo contributo di Nicola Cabibbo e Raoul Gatto, che ne 1961 scrissero un celebre articolo scientifico - non a caso soprannominato «La Bibbia» - sullo studio di tutte le possibili reazioni prodotte dalle collisioni fra elettroni e positroni.

Dopo attente riflessioni di carattere scientifico, tecnico ed economico, la scelta dell'energia massima del nuovo anello cadde su tre gigaelettronvolt. Un'energia del genere avrebbe permesso produzione e studio delle particelle allora già note, ma ovviamente la speranza era un'altra. ADONE avrebbe per primo esplorato regioni di energia così elevate: si sarebbe allora potuto tentare il colpo grosso e, perché no, scoprire una o più nuove particelle.

AdA e i suoi fratelli. A fronte, ADONE ai Laboratori nazionali di Frascati dell'INFN: il collisore è stato operativo dal 1969 al 1993. In basso, lo sviluppo dei collisori successivi ad AdA.



«Le Scienze» su indicazione dell'autore

Cortesia Archivio Battimelli

ADONE ci mise nove lunghi anni per entrare in funzione, e questo penalizzò l'esito dell'esperimento. In questa lunga «gestazione», varie contingenze, non solo di carattere scientifico, contribuirono a ritardare l'inizio della sperimentazione. Nel 1963, la vicenda di Felice Ippolito, presidente del Consiglio nazionale per l'energia nucleare (CNEN), vittima di un vero a proprio *affaire* giudiziario (*si veda il box a fronte*), mise in ginocchio le attività del CNEN e creò difficoltà anche ai programmi di fisica fondamentale dell'INFN. Poi, nel 1969, quando ADONE era finalmente pronto, agitazioni e scioperi del personale INFN portarono a una lunga paralisi delle attività nei laboratori e, dunque, anche degli esperimenti con ADONE, che cominciarono solo a fine 1969.

La rivoluzione di novembre

L'autunno 1974 fu gelido, specialmente nei laboratori di Frascati. ADONE era in funzione ormai da cinque anni, aveva esplorato in lungo e in largo l'intero intervallo di energie accessibili alla macchina dando la caccia alle cosiddette «risonanze strette», particelle di massa elevata, racchiuse in un intervallo di energia talmente piccolo da rendere la loro individuazione estremamente complicata. Di queste, però, non c'era traccia.

Eppure i primi esperimenti avevano dato subito grande soddisfazione: nel 1970, ADONE mise in luce la cosiddetta «produzione multipla di adroni», ovvero un'inaspettata e cospicua produzione di particelle, che interagiscono in maniera forte (è grazie alle cosiddette interazioni forti se, per esempio, i protoni riescono a rimanere contenuti nei nuclei atomici e a non essere invece espulsi dalla forza repulsiva dovuta alla loro carica positiva), come prodotto degli urti fra elettroni e positroni. La produzione multiadronica fu una delle più importanti prove sperimentali dell'esistenza dei quark, i costituenti fondamentali della materia, che all'epoca erano ancora poco più che una valida ipotesi.

Cessato il clamore per questo primo risultato, nei laboratori di Frascati cominciò, mese dopo mese, a instaurarsi lo sconforto. ADONE attraversava una vasta piana desertica, con qualche duna, ma senza alcun picco rilevante.

Poi arrivò il fatidico giorno della telefonata da Brookhaven, e i segni dell'ironia della sorte si materializzarono innanzi ai fisici di Frascati: la particella J/Ψ era lì, a portata di mano. Sarebbe bastato guardare anche oltre l'ultima duna. Sarebbero bastati altri «50 miserabili megaelettronvolt», come disse Bernardini.

Con la scoperta della particella J/Ψ si aprì un periodo entusiasmante per la fisica delle particelle, che venne definito la «rivoluzione di novembre». Una sequenza ravvicinata di importanti scoperte portò all'affermazione del modello standard.

I laboratori di Frascati, e dunque la fisica italiana, persero invece quella spinta che negli anni sessanta aveva permesso di primeggiare a livello internazionale. Il progetto SUPERADONE, l'acceleratore erede di ADONE, fu presto abbandonato. Così iniziò la fuga dei ricercatori verso l'estero e dunque la dispersione delle straordinarie competenze accumulate.

Touschek, ormai gravemente malato, provò sentimenti di rabbia e profondo sconforto dopo l'assegnazione del Nobel per la fisica a Richter e Ting, e aveva le sue buone ragioni. Proprio Touschek era stato l'ideatore del tipo di acceleratori che, ancora oggi, permettono di esplorare gli elementi più intimi della natura. Le riflessioni che Touschek esplicitò nelle lettere che scrisse nel 1976 al suo amico e importante storico della fisica Paul Forman sono più che attuali: troppo spesso, a essere premiate, non sono le idee alla base di una scoperta, ma chi consegue quella scoperta amministrando macchine, finanziamenti e idee di altri. A sostenere la tesi di Touschek ci ha pensato in tempi recenti il fisico Ugo Amaldi, che nel suo ultimo libro ha scritto: «Purtroppo a Touschek non fu mai assegnato il Nobel che, se fosse stato statunitense [o se avesse lavorato negli Stati Uniti come per esempio Enrico Fermi, N.d.A.], sicuramente avrebbe avuto.» ■

PER APPROFONDIRE

ADONE: Storia dell'anello di accumulazione per elettroni e positroni. Sestili, G., 2014. **giorgiosestili.blogspot.it/2014/05/adone-storia-dellanello-di_14.html.**

Storia dell'anello AdA. Bernardini, C., in «Nuovo Saggiatore», Vol. 27, n. 6, pp. 23-33, 1986.

Bruno Touschek: Particle Physicist and Father of the e^+e^- Collider. Bonolis, L. & Pancheri, G., in «European Physical Journal H», Vol. 36, n. 1, pp. 1-61, 2011.

Bruno Touschek vs. Machine Builders: AdA, the First Matter-Antimatter Collider. Bonolis, L., in «Rivista del Nuovo Cimento», Vol. 28, n. 11, pp. 1-60, 2005.

FISIOLOGIA

Mens sana in

Randy Faris/Corbis

Non è solo un modo di dire, visto che studi recenti hanno dimostrato che l'esercizio muscolare ha effetti benefici su tutto l'organismo, anche sul tessuto cerebrale

di Mario Molinaro

corpore sano

Questa citatissima massima, *mens sana in corpore sano*, tratta da una satira di Giovenale, testimonia come sin dall'antichità classica ci siamo interrogati sul rapporto esistente tra le componenti fisica e psichica dell'organismo. Nel tempo questo rapporto è stato interpretato in vario modo, o come una predominanza dell'una o dell'altra parte o come una loro coordinazione equilibrata.

Nell'età classica quest'ultima interpretazione è stata certamente prevalente e ha trovato la sua espressione nella formazione impartita ai giovani nel *gymnasium* e la sua simbolizzazione nella scultura del discobolo, colto nell'istante eterno del suo equilibrio dinamico. Nei nostri tempi, più nevrotici, sono diventate prevalenti le malattie psico-somatiche, ma recentemente il rapporto tra psiche e soma si va riequilibrando a favore di quest'ultimo e in questo articolo cercheremo di darne una rapida rassegna, focalizzata sul ruolo svolto dalla componente più abbondante del corpo, il muscolo.

Ci sono diversi tipi di tessuto muscolare, responsabili delle attività motorie del nostro organismo. Il più abbondante è il muscolo scheletrico, così chiamato perché prende inserzione sui segmenti scheletrici che sposta contraendosi; è anche detto muscolo volontario perché la sua contrazione è un atto volontario dipendente strettamente dal controllo dei neuroni motori corticali.

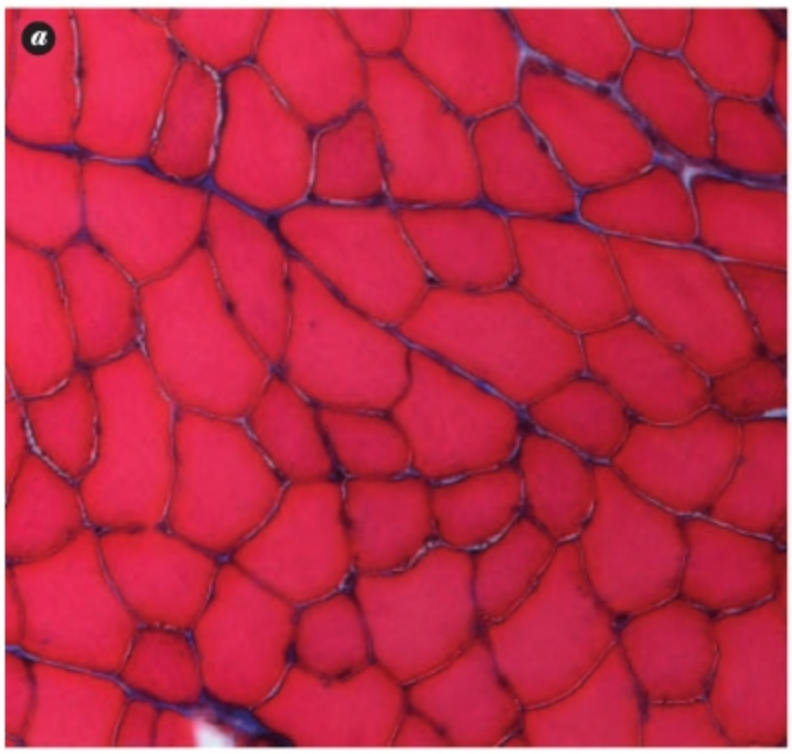
In questo contesto il muscolo si comporta come un esecutore di ordini superiori, privo di capacità autoregolative. Il muscolo cardiaco o miocardio dal punto di vista della struttura e della dinamica contrattile è abbastanza simile a quello scheletrico, è però dotato di notevole autonomia: lo stimolo contrattile si origina da cellule muscolari specializzate e il sistema nervoso autonomo vi svolge funzioni secondarie.

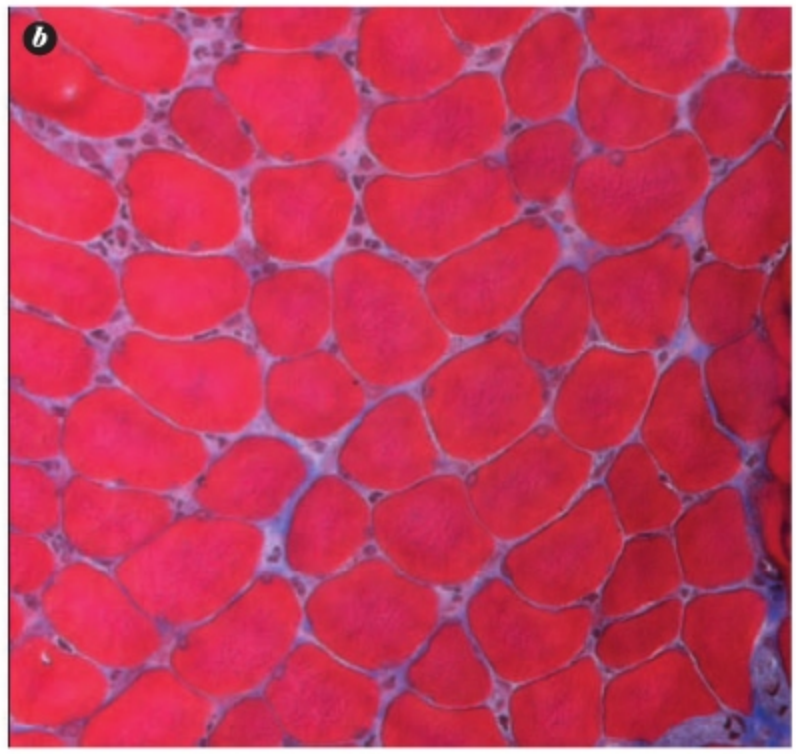
Negli ultimi anni sono state identificate proprietà molto interessanti di autoregolazione del muscolo scheletrico, che consentono al muscolo di gestire con meccanismi autonomi la propria organizzazione strutturale e funzionale. Un ruolo importante è svolto da molecole prodotte dalla cellula muscolare e versate al suo esterno, dette miochine, che simili a ormoni, trasmettono segnali regolativi oltre che al muscolo stesso anche ad altri tessuti e contribuiscono alle interazioni reciproche e al mantenimento degli equilibri metabolici. La peculiarità del fenomeno è che produzione e secrezione all'esterno della cellula e nel circolo sanguigno di gran parte di queste molecole dipendono direttamente dall'attività motoria. Questa, quindi, oltre a svolgere il suo ruolo fisiologico di consentirci la libertà del movimento volontario, acquista anche quello di attivare meccanismi di regolazione dell'organizzazione strutturale e funzionale del muscolo e di altri organi. D'altra parte condizioni di diminuzione della mobilità come immobilizzazione, degenza prolungata o ipogravità nei voli spaziali, possono causare atrofia muscolare e alterazioni di vari organi.

Un fattore particolarmente coinvolto nel corretto equilibrio morfologico e funzionale muscolare è l'IGF1 (da *insulin-like growth factor*), un fattore proteico circolante nel sangue, costitui-

Mario Molinaro è professore emerito di istologia alla «Sapienza» Università di Roma, ha svolto ricerche sulla regolazione del differenziamento muscolare e delle alterazioni atrofiche, distrofiche e ipertrofiche, argomenti di numerose pubblicazioni su riviste internazionali, è coautore di un trattato di Istologia e ha curato la traduzione di testi di istologia e di embriologia medica.

Sezione trasversale di fibre muscolari:
a fibre normali; **b** atrofia dopo immobilizzazione, riduzione della fibra e aumento del tessuto connettivo interstiziale.

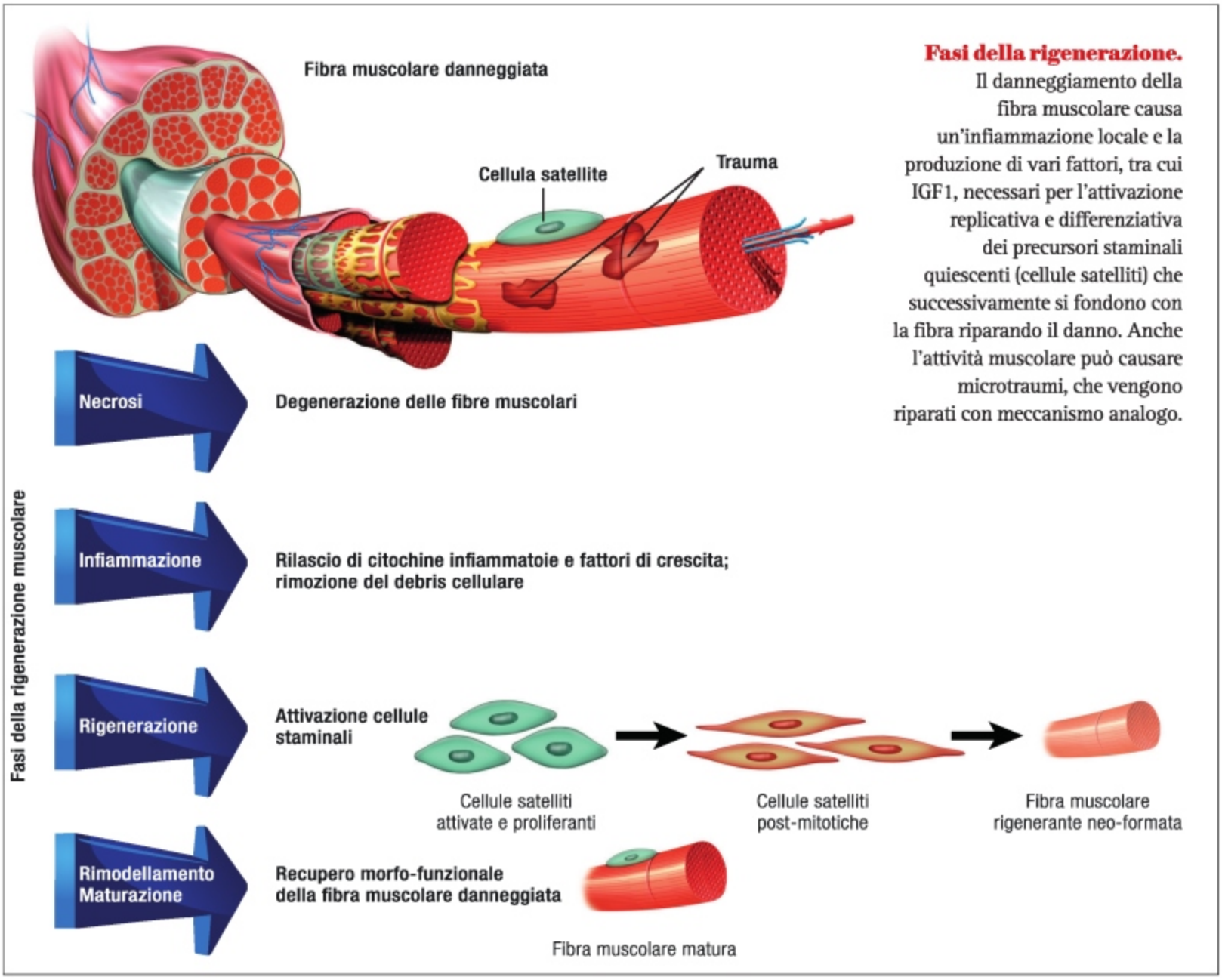




Cortesia M. Bouchè e L. Madaro, «Sapienza» Università di Roma

IN BREVE

Il ruolo del muscolo, la componente più abbondante del corpo, è cruciale per la salute generale delle persone, non sempre riconosciuto.
Negli ultimi anni è stato dimostrato che l'esercizio muscolare induce nel muscolo l'espressione di miochine, molecole proteiche responsabili di gran parte degli effetti positivi riscontrati. In particolare, l'espressione di miochine migliora la sarcopenia, ovvero la perdita di massa muscolare, e l'obesità associate all'invecchiamento, il diabete, l'infiammazione cronica, con sensibile aumento della longevità.
Altre ricerche recenti inoltre hanno dimostrato che l'esercizio muscolare induce la produzione da parte di diverse zone cerebrali di un fattore che stimola il tessuto nervoso e la cui mancanza genetica causa gravi deficit cerebrali.



Fasi della rigenerazione. Il danneggiamento della fibra muscolare causa un'infiammazione locale e la produzione di vari fattori, tra cui IGF1, necessari per l'attivazione replicativa e differenziativa dei precursori staminali quiescenti (cellule satelliti) che successivamente si fondono con la fibra riparando il danno. Anche l'attività muscolare può causare microtraumi, che vengono riparati con meccanismo analogo.

Jose Antonio Peñas/SPL/Contrasto (*fibra muscolare*); elaborazione Elisa Botton, su indicazione dell'autore e A. Musarò «Sapienza» Università di Roma

to da una famiglia di isoforme, ossia varianti molecolari codificate da uno stesso gene. Nel muscolo questo fattore è presente in forma non circolante specifica del tessuto, aumenta notevolmente in funzione dell'esercizio muscolare, specie la variante presente nel muscolo umano MGF (*mechano growth factor*). In questa circostanza il famoso aforisma lamarkiano «la funzione crea l'organo», trova una sorta di conferma, o meglio, se non proprio crea l'organo, sviluppa alcune sue cellule e strutture cellulari fondamentali, oltre che nel muscolo anche in altri organi; inoltre partecipa ai fenomeni propri della epigenetica. Questi fenomeni costituiscono un complesso di meccanismi che intervengono sulla trascrizione genica mediando segnali molteplici di origine cellulare ed extracellulare e ambientale, anche mediante modificazioni in alcuni casi stabili del genoma.

L'attività dell'IGF1, una volta secreto, è modulata da alcune molecole presenti nell'ambiente extracellulare e nel sangue in grado di legarlo inattivandolo e da recettori specifici sulla superficie delle cellule bersaglio, i quali trasducono il messaggio attivando segnali molecolari all'interno della cellula. IGF1 controlla aspetti fondamentali della vita del muscolo attivando una popolazione di cellule staminali, determinate a differenziarsi in tessuto muscolare, denominate cellule satelliti e presenti sulla superficie della fibra muscolare. La fibra muscolare è una struttura cilindrica abbastanza lunga, di dimensioni anche macroscopiche (fino ad alcuni centimetri di lunghezza e tra 10 e 100 micrometri di diametro), è polinucleata perché si forma nello sviluppo embrionale a seguito della fusione tra loro di cellule mononucleate, i mioblasti. Un processo analogo avviene nell'adulto per il rinnovamento fisiologico della fibra o per la sua riparazione conseguente a trauma o a patologie degenerative della fibra (per esempio la distrofia muscolare) a opera delle cellule satelliti, le quali, normalmente quiescenti, in queste circostanze si attivano e divengono produttrici di IGF1, che a sua volta stimola la cellula a replicarsi, differenziare e fondersi con le fibre, aumentando la massa muscolare (*si veda l'illustrazione in questa pagina*). A questo concorre l'azione anabolizzante del fattore che stimola la sintesi e inibisce la degradazione proteica, causando così ipertrofia, specialmente evidente in animali transgenici, in cui sono state inserite sperimentalmente copie addizionali del gene codificante per il fattore.

Nell'invecchiamento avvengono frequentemente fenomeni regressivi del muscolo che portano al quadro patologico dell'atrofia senile o sarcopenia, con diminuzione marcata delle strutture contrattili. La produzione di IGF1, in particolare della variante umana MGF, diminuisce negli anni ed è accompagnata da una decrescita dei processi biosintetici e da una diminuita capacità delle cellule satelliti a proliferare e differenziare. La domanda è se l'invecchiamento del muscolo dipenda principalmente dalla senescenza della cellula staminale satellite o invece da cambiamenti di fattori cir-

Una cura dagli ormoni ipofisari

Il tessuto che compone i muscoli è soggetto a un continuo rinnovamento e si rigenera in poche settimane dopo una lesione. In numerose patologie, come le distrofie, questa capacità è esaurita con conseguenze letali. Questi processi non erano mai stati messi in relazione con gli ormoni neuroipofisari, vasopressina e ossitocina, già noti per i loro effetti su pressione sanguigna, contrazione dell'utero e altro.

Dall'inizio degli anni novanta ricercatori della «Sapienza» hanno dimostrato che gli ormoni della neuroipofisi stimolano il differenziamento dei mioblasti, i precursori delle fibre muscolari, e hanno dimostrato che il recettore della vasopressina aumenta nella rigenerazione muscolare. Queste osservazioni, insieme a quelle di ricercatori francesi che hanno dimostrato che le cellule satelliti umane hanno il recettore per l'ossitocina, hanno fatto ipotizzare che questi ormoni modulino l'equilibrio del tessuto muscolare. Questa ipotesi è stata dimostrata alla «Sapienza» Università di Roma da Sergio Adamo, Dario Coletti e colleghi sia somministrando vasopressina sia aumentando la sensibilità del muscolo scheletrico alla vasopressina, incrementando l'espressione del recettore. Muscoli più ricchi del recettore si rigenerano più rapidamente ed efficientemente dopo lesioni, grazie al più efficace intervento delle staminali muscolari nella produzione di nuove fibre muscolari.

colanti o tessutali, che a loro volta condizionino le capacità di risposta delle cellule satelliti, o da entrambi i meccanismi.

La risposta è data dalla seconda ipotesi. Cellule satelliti da muscolo senile coltivate con siero giovane riacquistano piena capacità proliferativa e differenziativa e viceversa risultati opposti si ottengono coltivando cellule giovani con siero senile. Recentemente però si è dimostrato che in roditori di età molto avanzata le cellule satelliti stesse mostrano difetti replicativi. I fattori nell'ambiente extracellulare sono comunque fondamentali per il comportamento della cellula. Circa la loro natura l'inserimento sperimentale nel topo di copie addizionali del gene *IGF1* ha dimostrato un netto miglioramento delle capacità funzionali delle cellule satelliti senili e del tessuto. Questi risultati sono stati confermati trattando in coltura cellule satelliti umane senili con MGF.

L'esercizio muscolare quindi è un'ottima prevenzione delle alterazioni regressive del muscolo senile perché causa l'aumento della concentrazione muscolare di IGF1, altrimenti decrescente nell'anziano. Il fattore suscita anche un notevole interesse farmacologico per la ricerca di forme molecolari somministrabili e in grado però di localizzarsi nel muscolo, dato che le forme circolanti possono avere effetti secondari pericolosi, e non c'è da stupirsi del fatto che ci sia attenzione da parte dell'industria interessata a *body building*, *fitness* e purtroppo anche al *doping*, specie per la variante MGF.

Una questione di energia

Ricerche degli ultimi anni hanno dimostrato che l'esercizio induce nel muscolo l'espressione di un coattivatore trascrizionale *PGC1* (acronimo che riassume le sue funzioni principali), responsabile di gran parte degli effetti positivi riscontrati. In particolare *PGC1* attiva i geni responsabili del metabolismo che fornisce energia grazie a reazioni di ossidazione, della biogenesi e dell'attività dei mitocondri. Questi organelli svolgono un ruolo centrale nell'equilibrio energetico della cellula, che essenzialmente consiste nella degradazione di zuccheri e grassi di origine alimentare, liberando gradualmente l'energia contenuta nei loro legami chimici, mediante un meccanismo ossidativo che usa l'ossigeno proveniente dai polmoni tramite la circolazione. L'energia liberata è immediatamente usata per sintetizzare i legami ad alto contenuto energetico della molecola indicata dall'acronimo ATP. La molecola di ATP è deputata a cedere a sua volta l'energia depositata nei suoi legami per soddisfare le richieste energetiche dei processi biosintetici, del movimento, del lavoro e così via ed è quindi il combustibile di pronto utilizzo della cellula.

L'espressione di *PGC1* aumenta la comparsa di fibre muscolari di tipo lento, ricche di mitocondri, quindi anche chiamate ossidative, più resistenti, rispetto alle fibre di tipo veloce, capaci di sforzi intensi e rapidi ma più affaticabili. Inoltre migliora sarcopenia e obesità associate all'invecchiamento, diabete, infiammazione cronica, con sensibile aumento della longevità. Il meccanismo causale di fenomeni così generalizzati e in sedi distanti postula l'esistenza di miochine di tipo ormonale, in grado di raggiungere gli organi bersaglio. Di recente si è chiarito che uno dei geni attivati da PGC1 codifica per una proteina della membrana cellulare da cui può staccarsi ed essere rilasciata nel sangue, come un ormone, a cui è stato imposto il nome di Irisina – da Iris, la mitica messaggera degli Dei.

Quale messaggio trasmette? Suo bersaglio principale sono le cellule adipose (adipociti). Ci sono due tipi di adipociti: il tipo bianco, di gran lunga il più abbondante nei depositi adiposi, è implicato in obesità e diabete da resistenza all'insulina (tipo 2). L'altro tipo, l'adipocita bruno, è poco rappresentato negli esseri umani, è abbondante nei mammiferi ibernanti e previene l'abbassamento eccessivo della temperatura corporea durante il letargo invernale. Nell'uomo la scarsezza di adipociti bruni è compensata dalla loro capacità di svilupparsi dagli adipociti bianchi per induzione da parte di vari agenti tra cui l'irisina. Gli adipociti bruni indotti sono detti «*beige*» per distinguerli da quelli originariamente bruni, in considerazione della peculiarità della loro genesi, della diversa origine embriologica e di diversi atteggiamenti funzionali. Hanno proprietà diverse da quelle degli adipociti bianchi di provenienza: riducono fortemente il livello ematico dei lipidi e degli zuccheri ossidandoli e disperdendone l'energia in calore, sottraendola quindi alle vie biosintetiche. Tutto questo comporta che il lavoro muscolare ha un consumo calorico superiore al suo costo energetico, per l'aggiunta della dispersione energetica da parte degli adipociti beige indotti nel corso del lavoro muscolare.

La dispersione energetica è dovuta al fatto che questi adipociti hanno molti mitocondri che esprimono una proteina specifica che impedisce di usare l'energia liberata nella ossidazione degli zuccheri e dei grassi per la sintesi di ATP, invece questa energia è dispersa in calore, distribuito poi all'organismo. Si viene così a determinare una situazione di restrizione calorica, ossia di minore disponibilità dell'energia (molecole di ATP) utilizzabile nei processi biosintetici. Già da tempo era noto che la restrizione calorica, indotta con diete ipocaloriche, previene nel muscolo il quadro senile della sarcopenia e aumenta la longevità in cavie di laboratorio per il miglioramento della funzione mitocondriale. Ne consegue una minore produzione di radicali liberi, causa di stress os-

Mike Kemp/Tetra Images/Corbis

sidativo, che comporta alterazioni strutturali delle macromolecole cellulari ed effetti deleteri irreversibili di danno cellulare e di invecchiamento. Certamente, dal punto di vista della qualità della vita, una restrizione drastica della dieta può risultarci meno gradevole che fare *jogging* o una passeggiata in un parco magari in bicicletta, o una nuotata in piscina o meglio in un mare smeraldino, pur tuttavia con una dieta congrua.

Dal cuore al cervello

Diversi gruppi di ricercatori, tra cui il gruppo che ha scoperto l'irisina, hanno scoperto una nuova miochina, indotta dall'esercizio muscolare tramite *PGC1* e ne hanno pubblicato le caratteristiche molecolari e funzionali all'inizio di quest'anno. Questa miochina è interessante perché è una molecola piccola e potrebbe quindi essere prodotta più facilmente per via farmacologica.

Il trattamento nei topi provoca induzione di adipociti di tipo bruno, riduzione del peso corporeo, aumento della tolleranza per il glucosio, con prevedibili effetti positivi nel trattamento di obesità, diabete e alterazioni cardiocircolatorie. Dal punto di vista chimico questa molecola è un derivato di un acido grasso e l'espressione dei geni della sua via biosintetica e del suo trasporto sono fortemente stimolati da *PGC1*. Questo meccanismo, dimostrato nei topi, è probabilmente funzionante anche nell'uomo in cui è dimostrato l'aumento della miochina con l'esercizio muscolare e la correlazione negativa con malattie cardiocircolatorie e positiva con l'attività trascrizionale di *PGC1*.

Effetti benefici dell'esercizio muscolare sono stati rilevati anche in campo neurologico con miglioramento della memoria, dell'apprendimento, della depressione e della neurodegenerazione. Migliora anche l'organizzazione strutturale dei neuroni con sviluppo della rete dendritica e delle loro connessioni sinaptiche. Questi miglioramenti, particolarmente nell'invecchiamento, sono evidenti nell'area cerebrale dell'ippocampo dove sono localizzate le funzioni cognitive e la memoria. In zone di questa area del cervello adulto è stata anche evidenziata nuova neurogenesi da parte di cellule staminali (neuroblasti).

Studi recenti hanno dimostrato che l'esercizio muscolare induce la produzione da parte di diverse zone cerebrali e in particolare dell'ippocampo di un fattore stimolante il tessuto nervoso BDNF (*brain derived neurotrophic factor*), la cui mancanza genetica causa gravi deficit cerebrali. A seguito dell'attività muscolare aumenta nella cellula nervosa *PGC1*, il quale, come avviene nel muscolo, induce la proteina di membrana da cui origina l'irisina. Questa, versata all'esterno della cellula, stimola il neurone stesso a produrre BDNF. Anche l'irisina circolante di origine muscolare contribuisce a questo circuito, non è ancora chiaro se ne possa causare l'innesco, né se cooperino altre miochine. Tuttavia il cortocircuito tra soma e psiche risulta sufficientemente definito.

Mutazione antropologica

A questo punto viene da chiedersi per quale motivo nel corso dell'evoluzione tante funzioni fondamentali per salute, qualità della vita, longevità si siano legate all'attività muscolare, specialmente aerobica come corsa, marcia e simili. Una possibile interpretazione potrebbe essere che i nostri antenati originatisi in nicchie disseminate in ambienti ostili, da cui hanno intrapreso migrazioni intercontinentali, alla continua ricerca di territori vergini, diventando camminatori instancabili, cacciatori e raccoglitori tenaci, in grado di inseguire le prede o le loro tracce; animali spesso più veloci, ma sulle lunghe distanze meno resistenti, potrebbero aver sviluppato in questa movimentata lotta per la vita, le loro migliori qualità fisiche ed intellettuali.

Anche altre ipotesi potrebbero proporsi, considerando per esempio che nell'ultimo secolo ci siamo rapidamente trasformati da camminatori professionali in sedentari motorizzati, spesso seduti a tavole imbandite. Questa mutazione antropologica, insieme all'aumento della longevità per il miglioramento delle conoscenze mediche e della qualità della vita, ha causato un'impennata delle patologie associate all'invecchiamento, conseguenti al progressivo accumulo cellulare di danni molecolari da stress ossidativo, radicali liberi, scorie tossiche e altro. Si tratta di patologie neurodegenerative, demenza senile, diabete, arteriosclerosi, sarcopenia, che trovano un utile agente preventivo, quasi un antidoto naturale, nell'attività muscolare per la sua capacità di generare restrizione calorica e molecole che mantengono l'equilibrio metabolico. ■

PER APPROFONDIRE

b-Aminoisobutyric Acid Induces Browning of White Fat and Hepatic b-Oxidation and Is Inversely Correlated with Cardiometabolic Risk Factors. Roberts L. D. e altri, in «Cell Metabolism», Vol. 19, pp. 96-108, 2014.

BDNF (I) rising from Exercise. Xu B., in «Cell Metabolism», Vol. 18, pp.609-610, 2013.

Muscle over Mind. Moon H.Y. e van Praag H., in «Cell Metabolism», Vol. 20, pp. 560-562, 2014.

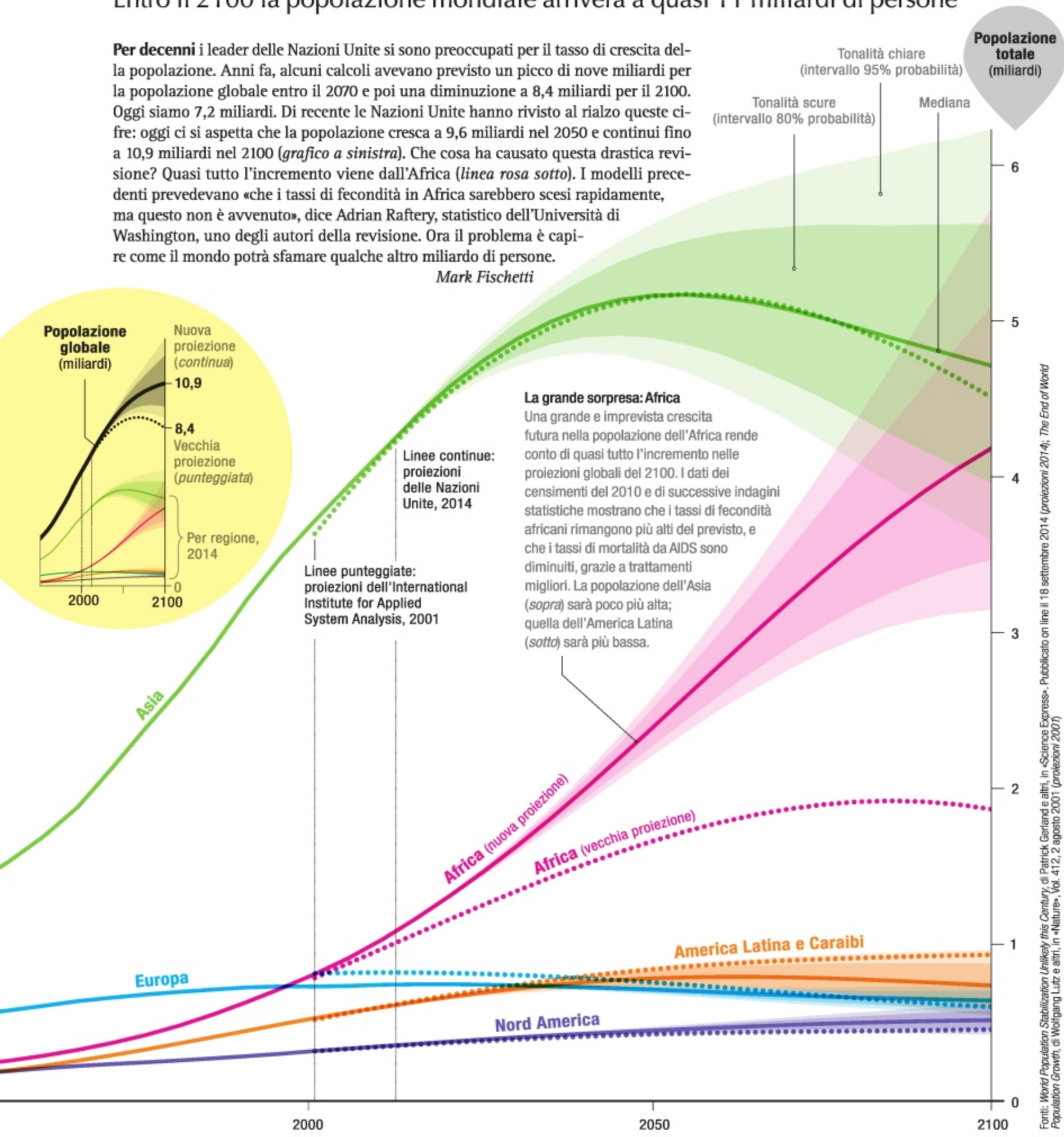
Local Expression of IGF-1 Accelerates Muscle Regeneration by Rapidly Modulating Inflammatory Cytokines and Chemokines. Pelosi L. e altri, in «FASEB Journal», Vol. 21, pp. 1393-1402, 2007.

Saremo sempre di più

Entro il 2100 la popolazione mondiale arriverà a quasi 11 miliardi di persone

Per decenni i leader delle Nazioni Unite si sono preoccupati per il tasso di crescita della popolazione. Anni fa, alcuni calcoli avevano previsto un picco di nove miliardi per la popolazione globale entro il 2070 e poi una diminuzione a 8,4 miliardi per il 2100. Oggi siamo 7,2 miliardi. Di recente le Nazioni Unite hanno rivisto al rialzo queste cifre: oggi ci si aspetta che la popolazione cresca a 9,6 miliardi nel 2050 e continui fino a 10,9 miliardi nel 2100 (*grafico a sinistra*). Che cosa ha causato questa drastica revisione? Quasi tutto l'incremento viene dall'Africa (*linea rosa sotto*). I modelli precedenti prevedevano «che i tassi di fecondità in Africa sarebbero scesi rapidamente, ma questo non è avvenuto», dice Adrian Raftery, statistico dell'Università di Washington, uno degli autori della revisione. Ora il problema è capire come il mondo potrà sfamare qualche altro miliardo di persone.

Mark Fischetti



Fonti: *World Population Stabilization Unlikely this Century*, di Patrick Gerland e altri, in «Science Express». Pubblicato on line il 18 settembre 2014 (*proiezioni 2014*); *The End of World Population Growth*, di Wolfgang Lutz e altri, in «Nature», Vol. 412, 2 agosto 2001 (*proiezioni 2001*)

Y&R

FOOD Il futuro del cibo

LE GRANDI MOSTRE
NATIONAL GEOGRAPHIC

Foto di Jim Richardson

NUTRIRE IL MONDO, UNA SFIDA GLOBALE NEGLI OBIETTIVI DI NATIONAL GEOGRAPHIC.

Nel 2050 saremo oltre 9 miliardi di persone da sfamare. Come nutrire tutti in modo sostenibile? La mostra Food-Il futuro del cibo, con oltre 90 fotografie scattate in tutto il mondo, getta luce su ogni aspetto di un tema che ci riguarda tutti, esplorando possibili soluzioni. Perché il cibo, come l'aria e l'acqua, è vita.

Pde palazzodelle esposizioni

ROMA, PALAZZO DELLE ESPOSIZIONI, 18 NOVEMBRE 2014 – 1° MARZO 2015

ROMA CAPITALE
Assessorato alla Cultura, Creatività e Promozione Artistica

azienda speciale PALAEXPO

con il patrocinio di

Food and Agriculture Organization of the United Nations

UNITED STATES DIPLOMATIC MISSIONS

in collaborazione con

Barilla Center FOR FOOD & NUTRITION

di Rodolfo Clerico, Piero Fabbri e Francesca Ortenzio

(più o) Meno Tasse per Tutti

Deve esistere un motivo per cui, quando si compila la dichiarazione dei redditi, piove.

«Qualcuno mi spiega perché devo essere sempre io, a compilare i moduli delle tasse per tutti?»

«Perché piove, Doc.»

La sedia a rotelle squittisce come un topo ferito, e la faccia di Piotr diventa rossa in un femtosecondo.

«Sentimi bene, Capo, se...»

Ma Rudy agita con sufficienza la mano, non alza neppure lo sguardo.

«Suvvia Piotr, ho almeno tre buone ragioni. Non fare la vittima, lavora bene e bada di scaricare tutto lo scaricabile.»

«Lo sto già facendo, non vedi? Sto scaricando tutta la bile che mi fai salire dalla cistifellea alla gola. E ti assicuro che mi sto lamentando ben poco se, oltre a combattere contro quello che credo sia il metodo più complicato possibile per calcolare l'importo da pagare allo Stato, metto in conto anche la tua maestosa arroganza. Ma comunque non reggi il confronto col ministero, ancora. Su, sentiamo quali sarebbero queste "buone ragioni" per cui il tapino compilatore debba essere sempre il sottoscritto.»

Rudy sospira, e posa addirittura la pipa.

«Ovvio. Nelle azioni ripetitive, l'allenamento è tutto: compilare più di un modulo farà sì che tu possa acquisire manualità e destrezza. Quindi (ragione uno), se le fa uno solo il tempo totale perso da noi tre sarà inferiore alla somma dei tre tempi che ci metteremmo facendo ognuno la propria. Inoltre (ragione due), il terzo modulo, che tu riserverai a te stesso, sarà perfetto. Avrai così una dichiarazione dei redditi del tutto scevra da errori, degna di essere portata per esempio da fior di burocrati ministeriali; Alice e io ti stiamo facendo un grosso regalo, dovresti esserci grato.»

«Puah. Questa è pura catottranabasi, lo sai meglio di me. Quindi lascia perdere. E siccome so contare sino a tre e tu sei fermo ancora a due, vedi di convincermi meglio con la terza ragione.»

«Catottoche?», sibila timida Alice, che pure si rende conto che farebbe meglio a restare silente in disparte.

«Non chiedere a me, Treccia. Mai sentito quell'abominio di parola», ammette Rudy.

«Catottranabasi. Ci credo che non l'hai mai sentita, l'ho appena inventata. Volevo tradurre "arrampicarsi sugli specchi" in greco antico, perché ti lasci impressionare dai paroloni dotti, e questo è quanto di meglio sono riuscito a tirar fuori dalle mie reminiscenze liceali. Allora, questa stringente ultima motivazione?»

«E lo domandi? Stai sempre a frignare e a lamentarti, inventi parole orripilanti, ti dai alla fuga ogni volta che c'è un problema da risolvere, e ancora chiedi? Banalmente, se farai qualche errore grave nella compilazione finirai tu in gattabuia, proteggendo dal Sole a scacchi Alice e me. Così, anche se fossimo ridotti a soli due terzi del personale, la qualità di questa rubrica non ne risentirebbe troppo.»

«Bah. Tanto non ce la fai, a inventarti cose più pazzesche di queste che sto trattando. Per quanta perfidia dialettica tu possa usare, nessuno può competere con gli autori di questi moduli.»

«Che cosa sarebbe, questa, una sfida? Dovresti sapere che non c'è mai limite al peggio.»

Alice e Gaetanagnesi si alzano in simultanea dal divano e in simultanea si stirano. La micia in silenzio, l'umana commentando:

«Doc, sta attento... sento puzza di terribile fregatura.»

«Non ci credo. È spietato, ma è pur sempre una creatura logica, non ne avrà le capacità.»

Rudy non commenta: brutto segno. Scrive qualche appunto sul *notes*: bruttissimo segno.

«Bene! Vediamo se questo metodo supera in assurdità quello del ministero. Supponi di avere una popolazione abbastanza ampia, insomma i soliti n individui. Cominciamo con il metterli belli allineati in riga, in ordine di codice fiscale...»

Illustrazione di Stefano Fabbri

La soluzione del problema esposto in queste pagine sarà pubblicata in forma breve sul numero di gennaio e in forma estesa sul nostro sito: www.lescienze.it. Potete mandare le vostre risposte all'indirizzo e-mail: rudi@lescienze.it.

Alle prese con la dichiarazione dei redditi, Rudy inventa un sistema per calcolare il pagamento per ciascun contribuente

IL PROBLEMA DI NOVEMBRE

Nel numero scorso, una complicata gara sportivo-matematica si riduceva a una variante del celebre «Teorema di Didone», in cui occorreva circoscrivere il maggior quantitativo di area possibile con 100 metri di corda, ma tenendo presente che una linea retta separa due zone di valore diverso, valendo una (la più lontana) il doppio dell'altra.

Un metodo curioso per risolvere il problema sfrutta un'analogia fisica: per simulare il vincolo del valore diverso delle due aree, si possono immaginare due cerchi sottoposti a pressioni (proporzionali al costo del terreno) diverse: il raggio di curvatura del cerchio sarà inversamente proporzionale alla «pressione», e i due cerchi saranno tra loro tangenti sulla linea di confine. Per inserire il vincolo del passaggio dalla posizione originale del giavellotto, trasformiamo il cerchio della zona interessata in due archi di cerchio dello stesso raggio, tangenti al cerchio dell'altra zona sulla linea di confine e passanti per il giavellotto (e qui, non tangenti tra loro). In questo modo risulterà:

Area al di sotto della linea = 371,25, area al di sopra della linea = 385,65, e quindi il punteggio finale, visto che l'area superiore vale doppio, sarà pari a 1142,56 punti.

«E vabbè, se vuoi mettere in riga tutta una nazione...»

«Non cominciare, adesso. Magari virtualmente, ma l'ordine rettilineo ci serve. E poi dovevo inventare una roba assurda, no? Quindi, zitto. Per semplificarci la vita, diciamo che la tassa si applica non sul reddito, ma sul capitale...»

«Toh, una patrimoniale! Farai arrabbiare un sacco di gente, lo sai?»

«...e supponiamo che ogni contribuente paghi la tassa non sul suo capitale, ma su quello del tizio che lo precede nella fila.»

Gli occhi di Alice ridono, quelli di Piotr strabuzzano.

«Che cosa? Questa non è assurdità, è follia... »

«Silenzio. Chiaro fin qui? Ognuno paga una tassa pari al 100 cento del patrimonio del compagno che lo precede.»

«Seeh, il 100 per cento... e se il mio vicino è più ricco di me, come pago, io?»

«Indèbitati. Lo fanno tutti.»

«E se mi chiamo Aaron Aalto, notorio primo della fila?

«Paghi zero, ossia tutto il capitale del tuo inesistente vicino.»

«E se il mio vicino è indebitato?»

«Sei fortunato: per coerenza, pagherai una tassa negativa: insomma, è lo Stato che paga te.»

«Va bene... però guarda che il metodo sarà astruso, ma la dichiarazione dei redditi sarebbe una passeggiata. Non ti avvicini neppure alla capziosità del ministero.»

«Lo so. È che il gioco mi ha preso la mano, e allora ho cominciato ad analizzare un caso semplice, facendolo "girare" per quattro anni, presumendo che non ci fossero transazioni finanziarie a parte quelle connesse alle tasse: nessun guadagno o perdita, nessuna nascita o morte, nessun cambiamento di posto o espatri...»

«Posso espatriare io?»

«Fammi finire. I nostri contribuenti hanno capitali vari, ci sono spiantati senza un euro e indebitati a capitale negativo. Noi sappiamo che Aaron Aalto ha solo un euro, e che i quattro alla fine della fila sono a zero. Nel mio giro di prova, dopo quattro anni virtuali, oltre ad Aaron Alto solo quattro persone hanno ancora un capitale diverso da zero. Detta "zeresima" la posizione di Aaron, i quattro superstiti con non-zero capitale si trovano nelle posizioni q, r, s, t.»

«Ah... posizioni consecutive?»

«Perché ti interessa?»

«Perché ho paura che tutto questo finisca con una domanda...»

«Certo che finisce con una domanda. Quella più ovvia: quanto ha incamerato lo Stato in questi quattro anni?»

«Oh, no... adesso vuoi darmi tutti i dati dei capitali iniziali, e io dovrò impazzire di addizioni e sottrazioni e...»

«Cosa dovrei darti, io? Tu sei matto. Hai già tutto quello che ti serve. E vedi di darmi un risultato generale, non solo quello del caso prova. Su, dai... fai la parte della Ragioneria di Stato. Quanto incassi?»

«Ma... ma... Alice! Io devo finire le dichiarazioni! Perché non intrattieni tu Rudy?»

Alice e Gaetanagnesi non rispondono. Sono già scappate, realizzando la prima evasione fiscale virtuale della storia.

La rivoluzione del multiverso

L'universo matematico
di Max Tegmark
Bollati Boringhieri, Torino, 2014, pp. 464 (euro 32,00)

"Caro Max, i tuoi articoli stravaganti non ti stanno aiutando». Cominciava così una lettera inviata all'autore di questo libro alla fine degli anni novanta. E si chiudeva poi con un tono vagamente minaccioso: «Se non riuscirai a mantenere pienamente separate tali attività dalle tue ricerche serie – e a confinarle al pub o in altri posti del genere – il futuro potrebbe riservarti qualche sorpresa sgradita». Per fortuna Tegmark non ha seguito l'amichevole consiglio di un eminente fisico, e ha continuato ad approfondire l'idea espressa in quegli articoli così disdicevoli per alcuni colleghi: che il mondo fisico sia un gigantesco oggetto matematico.

Tuttavia il fisico di origine svedese, trapiantato da tempo al Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Boston, si ritrovò in quegli anni ad adottare una strategia «Dr. Jekyll-Mr. Hide» nei confronti dei decani della comunità dei fisici. Ufficialmente il suo campo di ricerca era la cosmologia di precisione, quindi l'analisi dei dati sulla radiazione cosmica di fondo raccolti da satelliti come WMAP prima e Planck poi per disegnare mappe sempre più accurate dell'universo e comprenderne l'evoluzione. Ma la sua passione segreta era indagare la natura ultima della realtà, il tema che è al cuore di questo libro. Che è un po' come un viaggio sulle montagne russe. Si parte lentamente, imparando a misurare la distanza tra la Terra e il Sole e poi delle stelle e delle galassie, e appena si è presa familiarità con gli spazi cosmici, iniziano brusche accelerazioni che ci fanno addentrare nel multiverso del I livello.

Tegmark ci tira le orecchie per il nostro incallito provincialismo. Come nei secoli passati abbiamo creduto che la Terra fosse il centro del cosmo e l'essere umano al vertice della natura, solo per finire disarcionati dalla rivoluzione copernicana e da quella darwiniana, oggi insistiamo ancora nella convinzione comune di vivere nell'unico universo esistente. Invece non è che uno tra molti se non infiniti universi paralleli, e non si tratta di divagazioni metafisiche di fisici a fine carriera, ma di conseguenze logiche di una teoria, quella dell'inflazione, che ha spiegato com'è cresciuto il nostro universo pochi istanti dopo il big bang.

Il fatto è che l'inflazione non termina con la creazione dello materia e delle galassie, ma è un processo eterno. Così mentre il nostro universo nasceva, una miriade di altri universi paralleli vedeva la luce, simili tra loro ma distanti nello spazio, anche se accessibili in linea teorica. Nei multiversi di livello II, invece, le leggi della fisica possono variare, e sono fuori dalla nostra portata. Per salire al livello successivo del *videogame* degli universi paralleli basta riprendere in mano il lavoro di un fisico per molto tempo dimenticato: Hugh Everett e la sua interpretazione a molti mondi della meccanica quantistica, che per Tegmark ci apre la strada al multiverso del III tipo.

Ma non è finita: spingendo ai limiti il dettato galileiano della natura come libro scritto nel linguaggio dei numeri, il fisico del MIT arriva a sancire che la natura profonda della realtà è matematica. Ogni oggetto fisico è in realtà matematico, compresi naturalmente noi esseri umani (però, ci assicura bonario lui, non stiamo vivendo in una simulazione come nel film *Matrix*). E le strutture matematiche, eterne ed immutabili, hanno un'esistenza indipendente dalla nostra capacità di concepirle.

«Mad Max», come veniva soprannominato il nostro autore negli anni del suo dottorato all'Università della California a Berkeley, ha la capacità di trascinare il lettore in un paesaggio di crescente complessità con un tono tra lo scanzonato e il surreale, come quando racconta della moglie incinta e lui che si tormenta a immaginare i diversi possibili esiti del parto negli universi paralleli, o dell'incontro con il figlio di Everett, il cantante rock Mr. E, che sta realizzando un documentario sul padre.

Al netto del fascino esercitato dalla fisica di frontiera, diventa a tratti arduo seguire Tegmark nelle parti più speculative del suo percorso, e lascia perplessi quando si mette a ricostruire l'albero delle conoscenze sulla sola base della matematica. Ma ha il merito di tenere vivo lo spirito eterodosso e visionario che spinge oltre i confini della conoscenza.

Marco Motta

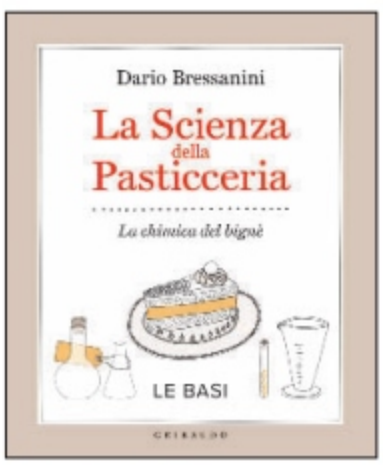
Lo stato dell'arte sui terremoti in Italia

Terremoto e rischio sismico
di Maria Grazia Ciacco e Giovanna Cultrera
Ediesse, Roma, 2014, pp. 210 (euro 12,00)

La notizia di un terremoto, soprattutto se riguarda l'Italia, ci lascia spesso stupiti, come se si trattasse di un evento fuori dalla norma. Eppure, come raccontano le autrici, entrambe ricercatrici dell'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia (INGV), «la natura, anche nelle sue espressioni violente, non ci dovrebbe meravigliare». Solo nel nostro paese, ogni giorno, la sala di sorveglianza sismica dell'INGV registra tra 40 e 60 terremoti, a dimostrazione che la nostra penisola non è un'eccezione e risente della frequente liberazione di energia del sottosuolo, anche se la maggior parte di questi terremoti non è percepita dalle persone. Negli ultimi 15 anni possiamo elencare almeno tre episodi particolarmente violenti: San Giuliano di Puglia (2002), Abruzzo (2009) ed Emilia (2012), terremoti che hanno attirato l'attenzione di tutto il paese e ci hanno costretto ad affiancare la conta delle vittime a quella dei danni. Quello che non è normale è che solo sulla scia dell'emozione il legislatore abbia accolto la mappa di pericolosità sismica, completato la classificazione dei comuni, reso obbligatorio edificare secondo norme tecniche di costruzione.
Il libro di Ciacco e Cultrera è un agile compendio delle nostre conoscenze, che non sono poche, su terremoto, rischio sismico, pericolosità e sulle tecniche costruttive più sicure. A questo stato dell'arte, il testo aggiunge – ed è l'aspetto più interessante – una finestra sugli aspetti legislativi e normativi in cui orientarsi con facilità. Scritto per tenere alto l'interesse su un argomento che non dovrebbe avere bisogno di pungoli per rimanere sul piatto del dibattito pubblico, il libro pecca solamente sul fronte del coinvolgimento. Un registro più intrigante, magari anche più narrativo, avrebbe allargato ulteriormente il pubblico potenziale.

Marco Boscolo

Cucinare dolci per capire la scienza



La scienza della pasticceria
di Dario Bressanini
Edizioni Gribaudo, Milano, 2014, pp. 200 (euro 19,90)

«Basta con la chimica nel piatto!» sono soliti tuonare buongustai e critici gastronomici sotto l'egida di associazioni che si presentano come numi tutelari della buona e sana alimentazione. Peccato che per fare a meno della chimica ci si debba accontentare del nulla, perché tutto è chimica. Gli alimenti, come tutto quello che ci circonda, sono costituiti da molecole, e conoscerne le proprietà chimiche e fisiche consente di sfruttarli al meglio come ingredienti di cucina. Lo sa bene Dario Bressanini, chimico e cultore dell'arte culinaria, autore di questo saggio di divulgazione scientifica che si diverte a indossare la maschera del manuale di cucina. Ogni sezione si apre con l'esame delle proprietà di un ingrediente basilare della pasticceria – zuccheri, uova, latte e derivati, farina e anche l'aria, che spesso determina l'aspetto e la consistenza di una preparazione – a cui fanno seguito delle ricette esemplificative.
L'intento dell'autore appare duplice: solleticare il palato con ricette squisite e, se eseguite con attenzione, di sicura riuscita (garantisce la scienza!) e fornire una dimostrazione pratica dei principi scientifici illustrati. Il lettore curioso e disposto a mettersi in gioco avrà modo di imparare davvero tanto, e anche di sgomberare il campo da alcuni consolidati stereotipi (uno su tutti, quello del pizzico di sale negli albumi da montare). Per sfatare questi miti, e magari proporre un'efficace contromossa (in questo caso un po' di limone o di cremor tartaro) è necessario conoscere la chimica. Che nel piatto, checché se ne dica, ci sta proprio bene.

Anna Rita Longo

Europa e scienza, una lunga storia

L'Europa è argomento di dibattito, anche acceso. Gli argomenti vanno dall'economia ai meccanismi politico-istituzionali all'opportunità di una moneta unica non sempre compresa dai cittadini. Ma nel diluvio di parole, opinioni, proposte e contestazioni che piovono sul Vecchio Continente c'è una grande assente: la scienza. Eppure, come ricorda il giornalista Pietro Greco in una collana dedicata proprio al rapporto tra scienza ed Europa, è grazie al sapere scientifico che fin dai primi secoli dello scorso millennio il nostro continente ha

percorso un'ascesa culminata in una posizione globale dominante. Il primo dei tre volumi della collana è da poco uscito con il titolo *La scienza e l'Europa. Dalle origini al XIII* secolo (pp. 436, 20,00 euro, L'Asino d'oro Edizioni, Roma) e ripercorre la storia europea dalle origini al 1300, dimostrando come la scienza abbia giocato il ruolo di collante culturale. Secondo e terzo volume, di prossima pubblicazione, riguarderanno rispettivamente il rapporto tra scienza ed Europa, dal Quattrocento agli inizi del Novecento, il periodo più prolifico di questa reciproca influenza, e l'arco di tempo più recente, che ha visto l'emergere di nuove potenze scientifiche. (*gs*)

Spillover
di David Quammen
Adelphi, Milano, 2014,
pp. 208 (euro 29,00)

In attesa della prossima emergenza sanitaria

Non vengono da un altro pianeta e non nascono dal nulla. I responsabili della prossima pandemia sono già tra noi, sono virus che oggi colpiscono gli animali ma che potrebbero da un momento all'altro fare un salto di specie – uno *spillover* in gergo tecnico – e colpire anche gli esseri umani. L'ultimo libro di David Quammen, prolifico scrittore statunitense di scienza e di viaggi, si intitola proprio *Spillover* e racconta le principali zoonosi degli ultimi decenni, cioè le malattie causate da un patogeno che dagli animali è passato a noi. Sono la malaria, l'AIDS, la malattia di Lyme, l'influenza aviaria, la SARS e altre dai nomi meno noti: Hendra, la febbre emorragica del Nilo, Marburg. Sono malattie per cui viviamo l'attesa della *next big one*, come dicono gli epidemiologi rubando l'espressione alla sismologia, cioè la prossima emergenza sanitaria che seguirà alla pandemia di AIDS iniziata nel XX secolo (e tuttora in corso), all'influenza spagnola del 1918-1919, alle epidemie storiche di vaiolo o di peste bubbonica.

Il libro è unico nel suo genere: un po' saggio sulla storia della medicina e un po' *reportage*, è stato scritto in sei anni di lavoro durante i quali Quammen ha seguito gli scienziati al lavoro nelle foreste congolesi, nelle fattorie australiane e nei mercati delle affollate città cinesi. L'autore ha intervistato testimoni, medici e sopravvissuti, ha investigato e raccontato con stile quasi poliziesco la corsa alla comprensione dei meccanismi delle malattie. E tra le pagine più avventurose, che tengono il lettore col fiato sospeso come quelle di un romanzo *noir*, è riuscito a cogliere la preoccupante peculiarità di queste malattie.

Le zoonosi sono infezioni che non riusciremo mai a debellare con un vaccino, come è stato per il vaiolo e come potrebbe essere per la poliomielite. Gli agenti infettivi che causano le zoonosi normalmente vivono in serbatoi animali misteriosi e mutevoli, ed è da questi che talvolta tracimano investendoci. Sono come guerriglieri nella giungla che a volte escono, colpiscono, uccidono e poi tornano a nascondersi dove noi non possiamo raggiungerli. Ma sono anche segni della nostra appartenenza al regno animale e della nostra inevitabile contiguità fisica e genetica con le altre specie: nodi di un intreccio indissolubile che fa sì che possiamo persino passarci le malattie. *Spillover* è uscito negli Stati Uniti un anno fa e, facile profeta, descrive anche la comparsa di Ebola e la sua ultima grande epidemia prima di quella attualmente in corso. Oggi, per il *sequel*, basta aprire le pagine di cronaca.

Silvia Bencivelli

Sette brevi lezioni di fisica
di Carlo Rovelli
Adelphi, Milano, 2014,
pp. 96 (euro 10,00)

Il punto di vista della fisica sulla realtà

La scena con cui si apre questo libro vede una sorta di dialogo a distanza tra un giovane Albert Einstein che ozia a Pavia, nel preludio degli anni creativi in cui scatenerà la sua rivoluzione scientifica, e un giovane Carlo Rovelli che leggendo sulla spiaggia i testi della relatività si addentra con senso di meraviglia nel cosmo descritto da Einstein. Piacere e stupore sono due sensazioni che si ridestano spesso leggendo questo piccolo libro.

Negli ultimi anni vanno molto di moda i tomi ponderosi, si tratti di romanzi o di saggi. Rovelli dimostra invece come possano bastare meno di cento pagine, scritte con stile semplice e sguardo profondo, per condividere con un lettore curioso ma a digiuno di scienza il punto di vista della fisica contemporanea sulla realtà.

Si parte appunto dalla «più bella delle teorie», la relatività generale, per arrivare alla gravità quantistica, il campo di studi di Rovelli, tra i protagonisti della comunità di fisici che cercano di sanare la spaccature tra le leggi relativistiche dell'universo e la fisica dei quanti. Per chi non ne può più di sentire citato Agostino ogni volta che si parla della natura del tempo, le pagine che Rovelli dedica al tema saranno una boccata d'ossigeno. E di smarrimento. Introducendoci ai concetti della termodinamica, tra probabilità e fisica statistica, siamo messi di fronte al fatto che lo scorrere del tempo, «la distinzione tra passato, presente e futuro non è altro che una persistente, cocciuta illusione», come scriveva Albert Einstein in occasione della morte dell'amico Michele Besso. La soluzione dell'enigma del tempo potrà venire dallo studio del calore dei buchi neri, dove quanti, gravità e termodinamica si intrecciano in territori che dobbiamo ancora riuscire a mappare.

La scelta di raccogliere temi così vasti in poche pagine richiama alla mente un classico tra i libri di scienza, *Sei pezzi facili* di Richard Feynman, scritti per le matricole di fisica al Caltech, ma accessibili a un più vasto pubblico. Con il grande fisico statunitense Rovelli condivide la capacità di rendere chiari concetti assai complessi, ma ha in più una spiccata sensibilità filosofica. L'ultima lezione è dedicata al nostro posto in questo universo che scopriamo sempre più diverso da come ci appare. Eppure rimane la nostra casa. A dispetto di ogni tentativo di separare uomo e natura, Rovelli ci ricorda che dentro e tutto intorno a noi è un fluire incessante di informazione, una trama fitta di relazioni da cui hanno origine anche la coscienza umana e il libero arbitrio. Con il quale possiamo decidere di liberarci di rinchiuse visioni parrocchiali e provare a guardare la realtà con occhi nuovi.

Marco Motta

Gli Etruschi e l'aldilà

A Bologna, una mostra coniuga tecnologie d'avanguardia con il ricco e complesso immaginario del popolo etrusco nei confronti della vita dopo la morte

Tecniche di ieri e di oggi. Fotogramma di un cartone animato in 3D sulla storia degli Etruschi presentato a Bologna; accanto, l'ologramma del Sarcofago degli Sposi; sotto, il cratere di Eufronio.

Cortesia Genus Bononiae (*tutte le immagini, 3*)

Il Sarcofago degli Sposi è una delle opere etrusche di maggior interesse artistico e culturale che possiamo ammirare ancora oggi. L'opera in terracotta è stata oggetto di ben due diverse ricostruzioni. La prima è stata realizzata subito dopo il suo ritrovamento, avvenuto nel 1881 all'interno della necropoli della Banditaccia a Cerveteri: il sarcofago era «esploso» in 400 frammenti che, come tessere di un complesso *puzzle*, sono state rimesse insieme correttamente. Da allora, l'opera è gelosamente protetta al Museo nazionale etrusco di Villa Giulia a Roma.

Negli ultimi anni, però, il CINECA ha potuto coordinare un gruppo di studiosi e tecnici che, avvalendosi delle più sofisticate tecniche di *mapping* 3D e di scansione laser, hanno realizzato un sofisticato modello olografico in tre dimensioni del sarcofago. Questa ricostruzione è la base dello spettacolo, com'è il caso di chiamarlo, che chiude la mostra ospitata a Bologna (il cui nome era Felsina durante il periodo etrusco,) sul rapporto degli Etruschi con l'aldilà. La sala della cultura di Palazzo Pepoli si trasforma in uno spazio in cui la teca olografica dialoga con le pareti, sulle quali, tra l'altro, è proiettata un'ipotesi artistica di come poteva essere la colorazione delle due figure distese sull'urna.

Lo sforzo di coniugare il rigore scientifico di un'esposizione tematica sull'aldilà etrusco e le tecniche di analisi e ricostruzione virtuale più moderne è la cifra innovativa dell'intera mostra, che dà nuova vita, per lo meno divulgativa, allo straordinario patrimonio archeologico etrusco.

Il *Viaggio oltre la vita* si apre con un altro capolavoro, la ricostruzione, questa volta del tutto materiale, della tomba della Nave di Tarquinia, nella quale il visitatore può fisicamente entrare e ammirare gli affreschi strappati dalle pareti del sepolcro e qui collocati nell'esatta disposizione originale. È il modo migliore per immergersi nell'atmosfera della mostra, attraverso le raffinate rappresentazioni del viaggio oltre la morte che secondo gli etruschi intraprendevano i defunti. Tra le altre opere in esposizione, oltre ai reperti bolognesi del Museo civico archeologico, il celebre cratere di Eufronio (che, trafugato negli Stati Uniti, ci è stato poi restituito) e due sculture in pietra di grande pregio: il cavaliere su ippocampo di Vulci e il Caronte di Cerveteri.

Marco Boscolo

Dove & quando:

Il viaggio oltre la vita
Palazzo Pepoli Vecchio
Museo della storia di Bologna
Via Castiglione, 8, Bologna
Fino al 22 febbraio 2015
www.genusbononiae.it

di Paolo Attivissimo
Giornalista informatico e studioso della disinformazione nei media

La bufala del Kenya

La campagna antitetanica nel paese non nasconde una sterilizzazione di massa

Il vaccino per il tetano distribuito in Kenya dall'Organizzazione mondiale della Sanità (OMS) sarebbe in realtà un farmaco alterato, adoperato dall'OMS e dall'UNICEF per sterilizzare clandestinamente oltre due milioni di donne. La denuncia *shock* non arriva dai soliti deliranti siti complottisti, ma dal presidente dell'Associazione dei medici cattolici del Kenya e dai vescovi del paese, che hanno invitato gli ospedali cattolici locali a rifiutare il programma di vaccinazione.

L'allarme è stato ripreso con enfasi e preoccupazione anche da numerose testate italiane, come *Tempi.it,* che segnala che sei campioni del vaccino sono stati esaminati in laboratori sudafricani e presso l'Università di Nairobi e sono risultati positivi per l'hCG, «un antigene che produce anticorpi abortivi». Secondo il comunicato stampa della Commissione cattolica per la salute del Kenya, la presenza di hCG nel vaccino antitetanico causerebbe una sterilità permanente. Guarda caso, la campagna di vaccinazione dell'OMS è rivolta solo alle donne keniote in età fertile: gli uomini sono esclusi. Inoltre l'OMS studia fin dagli anni settanta i vaccini contraccettivi e uno di essi si basa proprio sulla compresenza di hCG e del vaccino antitetanico.

Ci sono insomma fonti esperte e autorevoli, dati concreti e verifiche oggettive: tre fattori che distinguono questa tesi di cospirazione da tante altre in campo sanitario. Ma si tratta di un'accusa gravissima di sterilizzazione clandestina di massa, e la Legge di Sagan vuole che affermazioni straordinarie siano sostenute da prove straordinarie. Quelle presentate lo sono?

No, perché dai documenti diffusi dai sostenitori della tesi emerge infatti che le dosi di hCG rilevate nei vaccini antitetanici in Kenya sono alcune migliaia di volte inferiori a quelle necessarie per avere un effetto contraccettivo (che oltretutto sarebbe temporaneo e non permanente) secondo la letteratura medica. Livelli così bassi, oltretutto, possono essere falsi positivi, perché sono al limite della sensibilità delle tecniche di analisi adoperate. E c'è una ragione molto semplice per aver limitato alle donne la campagna di vaccinazione: se si mira all'eliminazione del tetano neonatale, che si trasmette principalmente durante il parto, è necessario vaccinare le madri; inoltre non ci sono risorse per vaccinare anche i maschi. Per fare un vaccino contraccettivo, infine, non basta aggiungere un po' di hCG a un'antitetanica e miscelare perbene.

Ma soprattutto mancano le conseguenze oggettive della presunta sterilizzazione di massa: se fosse reale, allora milioni di donne sterili dovrebbero portare a un calo drammatico delle nascite, che invece non risulta.

Risulta, al contrario, che il tetano neonatale che sarebbe debellato dal vaccino osteggiato ha causato la morte di 550 bambini soltanto in Kenya nel 2013. L'antivaccinismo, insomma, uccide.

Può sembrare impossibile che organizzazioni e testate normalmente autorevoli prendano un abbaglio irrazionale e tragico del genere, ma è già successo ripetutamente: una ricerca nella letteratura medica rivela che la medesima tesi era già circolata vent'anni fa in Messico, Tanzania, Nicaragua e Filippine, sempre alimentata acriticamente (ma in buona fede) da medici, movimenti e testate pro-vita, e sempre smentita da esami rigorosi e dalle statistiche di natalità.

Questo errore ricorrente, dal costo umano altissimo, è dunque una classica dimostrazione del potere del pregiudizio: si tende a credere facilmente alle tesi che si conformano alla propria ideologia, tanto da non vederne le contraddizioni o porsi dei dubbi. Proprio per questo, quando si fa scienza, il dato è tutto e le opinioni e le ideologie contano poco o nulla. In altre parole, il metodo scientifico è il vaccino mentale che ci immunizza dai pregiudizi: peccato che non si possa inoculare alla nascita.

Solo antitetano. La campagna di vaccinazioni è stata accusata di nascondere una sterilizzazione di massa: un attacco infondato, smentito dai dati, e che può costare vite umane.

Hugh Sitton/Corbis

di Dario Bressanini
chimico, divulgatore interessato all'esplorazione scientifica del cibo.
Autore di *Pane e Bugie, OGM tra leggende e realtà* e *Le bugie nel carrello.*

La crema più semplice

Quella inglese ha la lista di ingredienti più corta ma anche una ricetta delicata

La crema inglese è la crema più semplice e con la lista di ingredienti più corta. Semplice però non significa «di facile esecuzione». Ci sono alcuni punti nella ricetta che, se non ben eseguiti, possono trasformare questa crema deliziosa e dalla consistenza setosa in un composto pieno di grumi. Conoscendo però i fenomeni chimici e fisici che avvengono durante il riscaldamento del tuorlo, non avrete problemi nel prepararla e modificarla a piacere.

Ponete una bacinella di metallo o di vetro nel freezer almeno dieci minuti prima di iniziare a preparare la ricetta. Servirà a raffreddare velocemente la crema. Mettete 100 grammi di latte e 100 grammi di panna in una casseruola. Se volete potete aromatizzare con una capsula di vaniglia aperta in due per la lunghezza: aggiungerete la polpa, che raschierete con un coltello, ai tuorli e metterete la capsula raschiata nel latte. Mettete in una bacinella 80 grammi di tuorli, 55 grammi di zucchero ed eventualmente la polpa della vaniglia, e mescolate immediatamente fino a quando lo zucchero non sarà ben disciolto, altrimenti i cristalli di zucchero possono denaturare in alcuni punti le proteine del tuorlo e formare fastidiosi grumi.

Iniziate a scaldare latte e panna. Non devono bollire ma arrivare a circa 85-90 °C, per essere sicuri di aver fatto denaturare le proteine del siero che parteciperanno così alla formazione del gel insieme alle proteine del tuorlo. Spegnete il fuoco, prelevate qualche cucchiaio di latte caldo e aggiungetelo, mescolando subito, alla miscela di tuorli e zucchero. Questa è la procedura tipica da eseguire quando si devono aggiungere uova a un liquido molto caldo. Se aggiungessimo il tuorlo e lo zucchero direttamente al latte a 90 °C le proteine coagulerebbero immediatamente, ottenendo una sorta di frittata zuccherata. Se invece stemperiamo un po' di latte caldo nei tuorli, aumentiamo la loro temperatura rimanendo ben al di sotto di quella di coagulazione, e in più diluendoli riduciamo il rischio di coagulazione.

Ora aggiungete i tuorli stemperati al latte rimasto nella casseruola, mescolando bene. Riaccendete il fuoco tenendolo al minimo. Più lento è il riscaldamento, meno probabilità avrete di formare grumi e più controllo avrete sulla consistenza finale della crema.

La crema inglese è una crema mescolata, perché l'agitazione continua disturba la formazione del gel, e questo contribuisce a mantenerla liquida, a differenza delle creme cotte al forno. Non si deve inglobare aria, quindi mescolate con un cucchiaio o con una spatola di silicone, non con una frusta. Togliete la vaniglia se l'avete aggiunta.

Con un termometro tenete costantemente sotto controllo la temperatura della miscela durante il riscaldamento. La massima temperatura raggiungibile da questa crema, che dipende però anche dalla quantità di zucchero e di panna, è 85 °C. Vi accorgerete che attorno a 82 °C la crema sarà leggermente addensata e velerà la spatola che usate per mescolare. Toglietela dal fuoco. Raffreddandosi diventerà più viscosa. Ricordate che anche quando spegnete il fuoco la coagulazione delle proteine continua, quindi fermarsi a 82 °C permette di evitare possibili sovracoagulazioni.

Con il dolce. Crema inglese con un dolce pepato alle carote. La preparazione di questo tipo di crema richiede molta attenzione alle temperature.

Paul Webster/Food and Drink Photos/Food and Drink Photos/Corbis

Togliete dal freezer la bacinella che avete messo a raffreddare e versateci dentro la crema. Mescolate con la spatola spargendo la crema sulle pareti per raffreddarla velocemente. Se la crema non si raffredda velocemente continuerà ad addensarsi formando grumi. Nel malaugurato caso in cui questo succedesse, la crema non è da buttare. Potete passarla con un frullatore a immersione e poi filtrarla per eliminare i grumi. Non sarà perfetta ma per lo meno è utilizzabile.

La crema è pronta: la potete usare così, a freddo, per guarnire dei frutti di bosco, oppure tiepida su uno strudel o una torta.

Prossimo numero a gennaio

Idee che cambiano il mondo

di Margaret Knox, Andre K. Geim, Ryan Bradley, Rachel Nuer e Ben Fogelson

Una tecnica di modifica del DNA che rivoluzionerà la medicina. Materiali spessi un atomo con proprietà fisiche nuove. Un polimero ecosostenibile così resistente da essere utilizzabile per costruire automobili e aerei. Sono alcune delle dieci soluzioni tecnologiche già in via di sviluppo che potrebbero cambiare il nostro futuro.

Salviamo il caffè

di Hillary Rosner

In ogni parte del mondo, le piantagioni di caffè sono minacciate dal cambiamento climatico e dagli attacchi di parassiti e malattie. A rendere vulnerabili le piante è la loro origine comune da un ristretto numero di arbusti originari dell'Etiopia, un'omogeneità a cui si cerca di porre rimedio con l'introduzione di nuovi geni.

La mente che medita

di Mathieu Ricard, Antoine Lutz e Richard J. Davidson

Gli studi di neuroscienze hanno mostrato che la meditazione determina cambiamenti a livello cerebrale, ovvero l'aumento, in alcune aree, del tessuto neurale. Chi pratica meditazione trae beneficio anche da alcuni effetti psicologici: reagisce più velocemente agli stimoli ed è meno suscettibile alle diverse forme di stress.

Ben Voldman (*Illustrazione*); Jeff Miller/Università del Wisconsin-Madison (*monaci*)

LE SCIENZE S.p.A.

Sede legale: Via Cristoforo Colombo 98, 00147 ROMA.

Redazione: tel. 06 49823181
Via Cristoforo Colombo 90, 00147 Roma
e-mail: redazione@lescienze.it
www.lescienze.it

Supervisione editoriale: Daniela Hamaui

Direttore responsabile
Marco Cattaneo

Redazione
Claudia Di Giorgio (*caporedattore*), Giovanna Salvini (*caposervizio grafico*), Cinzia Sgheri, Ale Sordi (*grafico*), Giovanni Spataro

Collaborazione redazionale
Folco Claudi, Gianbruno Guerrerio
Segreteria di redazione: Lucia Realacci
Progetto grafico: Giovanna Salvini

Referente per la pubblicità
A. Manzoni & C. S.p.A.
agente Paolo Bardelli (tel. 02 57494338, 335 6454332)
e-mail pbardelli@manzoni.it

Pubblicità:
A. Manzoni & C. S.p.A.
Via Nervesa 21, 20139, Milano, telefono: (02) 574941

Distribuzione per l'Italia
Gruppo Editoriale L'Espresso,
via Cristoforo Colombo 98, 00147 Roma.

Stampa
Puntoweb, Via Variante di Cancelliera, snc, 00040 Ariccia (RM).

Consiglio di amministrazione
Corrado Corradi (presidente), Michael Keith Florek (vice presidente), Gabriele Acquistapace, Markus Bossle, Stefano Mignanego

Responsabile del trattamento dati (D. lgs. 30 giugno 2003 n.196):
Marco Cattaneo

Registrazione del Tribunale di Milano n. 48/70 del 5 febbraio 1970.
Rivista mensile, pubblicata da Le Scienze S.p.A.
Printed in Italy - novembre 2014

Copyright © 2014 by Le Scienze S.p.A.

ISSN0036-8083

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte della rivista può essere riprodotta, rielaborata o diffusa senza autorizzazione scritta dell'editore. Si collabora alla rivista solo su invito e non si accettano articoli non richiesti.

SCIENTIFIC AMERICAN

Editor in Chief: Mariette DiChristina; *Executive editor*: Fred Guterl; *Managing Editor*: Ricki L. Rusting; *Board of Editors*: Mark Fischetti, Christine Gorman, Anna Kuchment, Michael Moyer, Gary Stix, Kate Wong, David Biello, Larry Greenemeier, Ferris Jabr, John Matson

President Steven Inchcoombe;
Executive vice president: Michael Florek;
Vice president and associate publisher: Michael Voss;
Design Director, Michael Mrak

Hanno collaborato a questo numero
Per le traduzioni: Daniele Gewurz: *Il buco nero al principio del tempo;* Lorenzo Lilli: *Ghiaccio insidioso;* Alfredo Tutino: *L'equazione dell'inclusione, Come funziona la diversità, Alla ricerca delle idee migliori, Aprire le porte a tutti.*

Notizie, manoscritti, fotografie, e altri materiali redazionali inviati spontaneamente al giornale non verranno restituiti.

In conformità alle disposizioni contenute nell'articolo 2 comma 2 del «Codice Deontologico relativo al trattamento dei dati personali nell'esercizio dell'attività giornalistica ai sensi dell'Allegato A del Codice in materia di protezione dei dati personali ex d.lgs. 30 giugno 2003 n.196», Le Scienze S.p.A. rende noto che presso la sede di Via Cristoforo Colombo, 90, 00147, Roma esistono banche dati di uso redazionale. Per completezza, si precisa che l'interessato, ai fini dell'esercizio dei diritti riconosciuti dall'articolo 7 e seguenti del d.lgs.196/03 - tra cui, a mero titolo esemplificativo, il diritto di ottenere la conferma dell'esistenza di dati, la indicazione delle modalità di trattamento, la rettifica o l'integrazione dei dati, la cancellazione ed il diritto di opporsi in tutto od in parte al relativo utilizzo - potrà accedere alle suddette banche dati rivolgendosi al Responsabile del trattamento dei dati contenuti nell'archivio sopraindicato presso la Redazione di Le Scienze, Via Cristoforo Colombo, 90, 00147 Roma.

ABBONAMENTI E ARRETRATI
SOMEDIA S.p.A.
Casella Postale 10055 - 20111 Milano
Tel. 199.78.72.78 (0864.256266 per chi chiama da telefoni cellulari. Il costo massimo della telefonata da rete fissa è di 14,37 cent di euro al minuto più 6,24 cent di euro di scatto alla risposta (iva inclusa). Per chiamate da rete mobile il costo massimo della chiamata è di 48,4 cent di euro al minuto più 15,62 cent di euro di scatto alla risposta (iva inclusa). Fax 02 26681991.
Abbonamenti aziendali e servizio grandi clienti
Tel. 02 83432422; fax 02 70648237;
mail grandiclienti@somedia.it

Italia	
abb. annuale	€ 39,00
abb. biennale	€ 75,00
abb. triennale	€ 99,00
copia arretrata	€ 9,00
Estero	
abb. annuale Europa	€ 52,00
abb annuale Resto del Mondo	€ 79,00

Accertamento diffusione stampa certificato n. 7647 del 18/12/2013

Le Scienze

edizione italiana di Scientific American

SPECIALE ABBONAMENTO

Ogni mese direttamente a casa tua le ultime frontiere della ricerca scientifica e tecnologica.

IN ESCLUSIVA, solo con l'abbonamento, ti assicuri la possibilità di consultare sul **nuovo sito www.lescienze.it** gli oltre **4.200 articoli** pubblicati dal 1968 ad oggi!

E, se vuoi, puoi decidere di **regalare l'abbonamento alle stesse condizioni!**

SCEGLI LA TUA OFFERTA!

DURATA	PREZZO DI COPERTINA	**PREZZO PER TE**	RISPARMIO
1 ANNO - 12 NUMERI	~~€54,00~~	**€39,00**	€15,00
2 ANNI - 24 NUMERI	~~€108,00~~	**€75,00**	€33,00
3 ANNI - 36 NUMERI	~~€162,00~~	**€99,00**	€63,00

Offerta valida solo per l'Italia

SCEGLI DI ABBONARTI!

È CONVENIENTE
Più aumenta la durata del tuo abbonamento, più aumenta il risparmio!

È COMODO
Riceverai Le Scienze ogni mese a casa tua senza alcun costo aggiuntivo e con il prezzo bloccato!

È FACILE
✓ Collegati al sito www.ilmioabbonamento.it

✓ Chiama il n. 199.78.72.78* **(0864.25.62.66 per chi chiama da telefoni non abilitati o cellulari.)**

***Il costo massimo della telefonata da rete fissa è di 14,37 cent di euro al minuto più 6,24 cent di euro di scatto alla risposta (iva inclusa). Per chiamate da rete mobile il costo massimo della chiamata è di 48,4 cent di euro al minuto più 15,62 cent di euro di scatto alla risposta (iva inclusa).**

✓ Compila, stacca e spedisci - anche via fax - la cartolina che trovi nella rivista

www.cavit.it

TRENTINO

CAVIT

CANTINA VITICOLTORI DEL TRENTINO

Vini trentini, con una forte inclinazione per la qualità.

Il "principe dei vini trentini". Colore rosso rubino vivo e brillante. Profumo fruttato con sentori di mirtillo e lampone. Elegante e avvolgente.

Scegli Cavit, bevi responsabilmente.

orange021

MAESTRI DELLA TRADIZIONE TRENTINA.

Mastri Vernacoli di Cavit è la linea di vini DOC che racchiude i sapori e la varietà di una terra ad alta vocazione vinicola: dal Teroldego Rotaliano al Müller Thurgau, dal Marzemino al Gewürztraminer. Mastri Vernacoli di Cavit: il Trentino, in sintesi.